This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

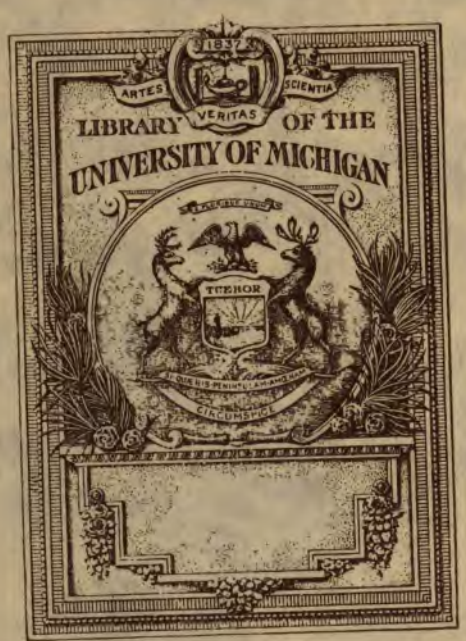
PHYSICS LIB.
QC
263
.H724
copy 2

B 459073 DUPL

L. Holborn, F. Scheel, F. Henning

Wärmetabellen

(Physikalisch-Technischen Reichsanstalt)


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
SIRCUMSPICE

QC
263
.H724
cop. 2

Wärmetabellen

Ergebnisse aus den thermischen Untersuchungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

zusammengestellt

von

L. Holborn, K. Scheel und **F. Henning**

Druck und Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

1919

Alle Rechte,
namentlich das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright, 1919, by Friedr. Vieweg & Sohn,
Braunschweig, Germany.

Vorwort.

Die Hauptaufgabe, welche Helmholtz der Reichsanstalt bei ihrer Gründung auf dem Gebiete der Wärmephysik stellte, betraf die Wiederholung der Regnaultschen Messungen. Ihre Ergebnisse bildeten bis dahin die Grundlage für die wissenschaftliche und technische Anwendung der Wärmelehre, bedurften nun jedoch entsprechend der weiteren Entwickelung der Beobachtungskunst einer Erneuerung und Ergänzung. Hierfür galt es zunächst, die Hilfsmittel der Thermometrie zu erweitern. Diese Arbeit, die auch für die Zwecke der Eichtätigkeit nicht zu umgehen war, bestand einerseits in umfangreichen Messungen mit dem Gasthermometer, anderseits in der Untersuchung der verschiedenen Arten von Gebrauchsthermometern, wobei auf die Quecksilberthermometer aus den Jenaer nachwirkungsfreien Gläsern die elektrischen sowie optischen Instrumente folgten. Inzwischen verliefen mehrere Jahrzehnte, während deren eine Reihe neuer Bestimmungen der von Regnault gemessenen Konstanten ausgeführt und veröffentlicht wurden. Diesen lag nicht durchweg die gleiche Temperaturskale zugrunde, weil deren Einheitlichkeit erst nach Vollendung der thermometrischen Arbeiten in weitem Umfange hergestellt werden konnte. Die Unterschiede zwischen den früheren und der jetzigen Skale sind zwar nicht groß, bilden aber immerhin einen Mangel, dem in der vorliegenden Zusammenstellung abgeholfen worden ist; alle Angaben sind jetzt auf dieselbe einheitliche Temperaturskale bezogen worden. Außerdem wurden noch andere kleine Korrektionen angebracht, die daher rühren, daß gewisse Größen wie das Wärmeäquivalent u. a. durch neuere Messungen Änderungen erlitten haben. Einige Kapitel erfuhren ferner eine Ergänzung durch bisher noch nicht veröffentlichte Daten.

375629

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Vorwort 3

I. Thermometrie 7

1. Temperaturskale 7
2. Anweisungen für die Beobachtung der Fixpunkte 9
   a) Schmelzpunkte 9
   b) Siedepunkte 10
3. Thermometer 11
   a) Gasthermometer 11
   b) Flüssigkeitsthermometer 11
   c) Widerstandsthermometer 12
   d) Thermoelemente 15
   e) Optische Pyrometer 16
   f) Segersche Schmelzkegel 17
4. Thermostaten 17

II. Zustandsgrößen 20

1. Gase; pv-Werte 20
2. Flüssigkeiten 21
   a) Ausdehnung des Wassers 21
   b) Ausdehnung des Quecksilbers 22
3. Feste Körper 22
   a) Elastische Konstanten 22
   b) Ausdehnung 23

III. Spezifische Wärme 25

1. Gase 26
2. Wasser 27
3. Feste Körper 27

IV. Wasserdampf 27

1. Sättigungsdruck 27
2. Latente Wärme 28
3. Spezifisches Volumen 28

V. Wärmeleitung 29

Tabellen.

1. Reduktion der an einem Messingmaßstabe abgelesenen Barometerstände auf 0^0 . . . 30
2. Siedepunkt des Wassers bei dem Barometerstande p 31
3. Siedepunkt des Schwefels bei dem Barometerstande p 31
4. Siedepunkt der Kohlensäure bei dem Barometerstande p 32
5. Siedepunkt des Sauerstoffs bei dem Barometerstande p 32
6. Mutterteilungen für Flüssigkeitsthermometer 33

Seite

7. Reduktion der Platintemperatur 35
8. Widerstandsverhältnis R/R_0 von Platin und Blei unter 0^0 37
9. Widerstandsverhältnis R/R_0 gezogener Metalle 39
10. Mittlerer Widerstandskoeffizient gezogener Metalle 40
11. Widerstandsverhältnis R/R_{-192} gezogener Metalle 41
12. Thermokraft gebräuchlicher Thermoelemente 42
13. pv-Werte der Luft 44
14. pv-Werte des Argons 44
15. pv-Werte des Heliums 45
16. Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $100\,\alpha_{0,t}$ der Luft 45
17. Mittlerer Spannungskoeffizient $100\,\beta_{0,t}$ der Luft 45
18. Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $100\,\alpha_{0,t}$ des Argons 46
19. Mittlerer Spannungskoeffizient $100\,\beta_{0,t}$ des Argons 46
20. Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $100\,\alpha_{0\,t}$ und Spannungskoeffizient $100\,\beta_{0,t}$ des Heliums 46
21. pv-Werte der Luft 47
22. pv-Werte des Argons 47
23. pv-Werte des Heliums 47
24. Spezifisches Gewicht des Wassers 48
25. Volumen von 1 g Wasser in Milliliter 49
26. a) Spezifisches Gewicht des Wassers 50
    b) Volumen von 1 g Wasser in Milliliter 50
27. Spezifisches Gewicht des Quecksilbers 51
28. Ausdehnung der Volumeneinheit Quecksilber 52
29. Elastische Konstanten bei 18^0 53
30. Lineare Ausdehnung fester Körper 54
31. Spezifische Wärme der Gase bei dem Druck einer Atmosphäre 56
32. Mittlere spezifische Wärme bei dem konstanten Druck einer Atmosphäre 58
33. Wahre spezifische Wärme bei dem konstanten Druck einer Atmosphäre 58
34. Mittlere Molekularwärme bei konstantem Druck C_p und konstantem Volumen C_v . 59
35. Wahre Molekularwärme bei konstantem Druck C_p und konstantem Volumen C_v . 56
36. Mittlere spezifische Wärme c_p der Luft zwischen 20 und 100^0 60
37. Spezifische Wärme des Wassers 60
38. Spezifische Wärme von Metallen 60
39. Sättigungsdruck des Wasserdampfes über Eis in mm Quecksilber 60
40. Sättigungsdruck des Wasserdampfes unter 0^0 über Wasser in mm Quecksilber . . . 61
41. Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Quecksilber 62
42. Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Quecksilber 63
43 Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Quecksilber 64
44. Sättigungsdruck des Wasserdampfes in Atmosphären 65
45. Sättigungsdruck des Wasserdampfes in kg/cm² 66
46. Verdampfungswärme des Wassers 67
47. Temperaturkoeffizient dp/dt des Sättigungsdruckes von Wasserdampf in mm Hg/Grad 67
48. Spezifisches Volumen (cm^3/g) des gesättigten Wasserdampfes 68
49. Wärmeleitfähigkeit λ und elektrische Leitfähigkeit $\varkappa$ 69
50. Wärmeleitfähigkeit λ und elektrische Leitfähigkeit $\varkappa$ 70

Alphabetisches Sachregister 71

I. Thermometrie.

1. Temperaturskale.

Die Temperaturskale der Reichsanstalt ist durch die folgende Bekanntmachung festgelegt worden:

1. In dem Gebiete zwischen dem Schmelzpunkt des Quecksilbers und dem Siedepunkt des Schwefels wird die Temperatur durch das Platinwiderstandsthermometer nach folgenden Normen definiert: Für die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes R von der Temperatur t gilt die quadratische Gleichung

$$R = R_0(1 + at - bt^2).$$

Ihre Konstanten werden bestimmt durch die Messung des Widerstandes bei 0^0 (R_0), bei 100^0 (R_{100}) und bei dem Schwefelsiedepunkte, welcher bei dem reduzierten Barometerstande p gleich

$$*444{,}55^0 + 0{,}0908\,(p - 760) - 0{,}000\,047\,(p - 760)^2$$

zu setzen ist. Bezeichnet t_p die Temperatur in der Platinskale, also

$$t_p = 100\,\frac{R - R_0}{R_{100} - R_0},$$

so gilt:

$$t = t_p + \delta\left\{\left(\frac{t}{100}\right)^2 - \frac{t}{100}\right\},$$

wo

$$\delta = \frac{b \cdot 10^4}{a - b \cdot 10^2}.$$

Das Platin des Widerstandes ist von solcher Reinheit zu wählen, daß R_{100}/R_0 nicht kleiner als 1,388 und δ nicht größer als 1,52 ist.

Die folgenden Fixpunkte sind in dieser Temperaturskale gemessen worden und können zur Eichung von Thermometern benutzt werden:

die Schmelz- oder Erstarrungspunkte von

Quecksilber	$-$ 38,89°,
Zinn	$+$ 231,84°,
*Cadmium	320,9°,
Zink	419,4°;

der Umwandlungspunkt von

Natriumsulfat	$+$ 32,38°;

die Siedepunkte von

Naphthalin . . $217{,}96^0 + 0{,}058\ (p - 760)$,
Benzophenon . . $305{,}9^0 + 0{,}063\ (p - 760)$.

Zwischen 0^0 und 100^0 fällt die vorstehend definierte Skale mit der internationalen Wasserstoffskale innerhalb deren Fehlergrenze zusammen.

2. Unterhalb des Schmelzpunktes von Quecksilber werden die Temperaturen definiert durch dasjenige Platinwiderstandsthermometer, das Henning mit dem Wasserstoffthermometer verglichen hat (vgl. Ann. d. Phys. **40**, 635, 1913 und **43**, 282, 1914). Als Fixpunkte dienen in diesem Bereiche die Siedepunkte von

Kohlensäure $* - 78{,}5^0 + 0{,}015\,95\ (p - 760) - 0{,}000\,011\ (p - 760)^2$

und von

Sauerstoff . $* - 183{,}0^0 + 0{,}012\,58\ (p - 760) - 0{,}000\,0079\ (p - 760)^2$.

3. Oberhalb des Schwefelsiedepunktes dienen als Fixpunkte die Schmelzpunkte von

*Antimon	630^0,
Silber	$960{,}5^0$,
*Gold	1063^0,
Kupfer	1083^0,
*Palladium	1557^0,
Platin	1764^0.

Zur Interpolation zwischen diesen Fixpunkten wird das Thermoelement aus Platin und 10proz. Platinrhodium verwendet. Die Thermokraft wird zwischen 300^0 und 1600^0 durch eine Gleichung dritten Grades dargestellt, deren Konstanten durch die an den Schmelzpunkten des Cadmiums, Antimons, Goldes und Palladiums bestimmten Werte der Thermokraft abgeleitet werden.

Mit dieser Skale steht innerhalb der Fehlergrenze in Übereinstimmung die radiometrische Skale, in der zwischen zwei Temperaturen t_1 und t_2 und den zugehörigen Helligkeiten H_1 und H_2 der homogenen schwarzen Strahlung von der Wellenlänge λ (μ) die Beziehung besteht

$$(1) \qquad \log \text{nat} \frac{H_2}{H_1} = \frac{c}{\lambda}\left\{\frac{1}{273 + t_1} - \frac{1}{273 + t_2}\right\},$$

wenn $c = 14\,300$ gesetzt wird.

Erläuterungen.

1. Die definierte Temperaturskale entspricht nach dem heutigen Stande der Thermometrie der thermodynamischen Skale, ist aber von dieser, deren Verwirklichung sich mit dem wissenschaftlichen Fortschritt etwas ändern kann, zu unterscheiden. Mit der Einführung der neuen Skale wird in der Thermo-

metrie derselbe Weg eingeschlagen, wie in der elektrischen Meßtechnik, wo unterschieden wird zwischen den ursprünglich definierten Werten der Einheiten und ihrer Verwirklichung durch feste international eingeführte Normen.

2. Die Fixpunkte, von denen die für die Definition der Temperaturskale notwendigen mit einem * bezeichnet sind, beruhen unterhalb 1100° auf den übereinstimmenden Ergebnissen der neueren gasthermometrischen Messungen. Die Punkte oberhalb 1100° sind radiometrisch bestimmt und weichen von den Werten ab, die mit dem Gasthermometer ermittelt wurden. So liegt der angegebene Wert 1557° für den Schmelzpunkt des Palladiums, der nach Gleichung (1) bestimmt wurde, unter Annahme des Helligkeitsverhältnisses $H_{Pd\,Sm}/H_{Au\,Sm}$ für $\lambda = 0{,}6563\,\mu$ zu 81,5, um 8° höher als die Zahl, welche Day und Sosman mit dem Gasthermometer gefunden haben.

Charlottenburg, den 16. Dezember 1915.

Der Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Warburg.

Literatur: Ann. d. Phys. 48, 1034, 1915 und Zeitschr. f. Instr. 1916, S. 20.

---

2. Anweisungen für die Beobachtung der Fixpunkte.

a) Schmelzpunkte.

Die Schmelzpunkte lassen sich besonders einfach beobachten, da sie nur wenig vom Druck abhängen; der Schmelzpunkt des Eises sinkt mit der Druckerhöhung von 1 Atm. um 0,007°, der der Metalle steigt etwa um denselben Betrag, so daß die Druckschwankungen der Atmosphäre keinen merklichen Einfluß ausüben.

Zum Schutze gegen den Zutritt von Sauerstoff werden die höher schmelzbaren Metalle gewöhnlich in Graphittiegeln in reduzierender Atmosphäre geschmolzen oder auch wohl in Porzellantiegeln unter Verwendung einer Salzdecke, z. B. von Kochsalz für Silber oder von Kaliumbisulfat für Aluminium (Tiegelmethode). Bei den tiefer schmelzenden Metallen, Zinn, Cadmium usw. empfiehlt es sich, sie unter einer Decke von Paraffin zu erhitzen. Gold erleidet keine Einwirkung durch den Sauerstoff, das Kupfer oxydiert dagegen bei dem Zutritt der Luft teilweise zu Kupferoxydul, dessen eutektische Verbindung mit dem Metall zwar ebenfalls einen als Fixpunkt brauchbaren Schmelzpunkt bildet; dieser liegt jedoch 20° tiefer als der Schmelzpunkt des reinen Kupfers, fällt also mit dem des Goldes zusammen. Palladium ist in Tiegeln aus Marquardtscher Masse der Berliner Porzellan-Manufaktur im Stickstoffstrome zu schmelzen. Einfach gestaltet sich die Eichung der Thermoelemente an den Schmelzpunkten des Goldes, Palladiums und Platins: man fügt ein Drahtstück von etwa 5 mm Länge in die Lötstelle ein und beobachtet die Thermokraft in dem Augenblick des Durchschmelzens (Drahtmethode).

Als sekundäre Fixpunkte können noch die folgenden Schmelzpunkte benutzt werden:

Blei	+ 327,4°,
Wismut.	271,0°,

und die Erstarrungspunkte:

Chlorbenzol	— 45,5°,
Chloroform	— 63,7°,
Schwefelkohlenstoff. .	— 112,0°,
Äthyläther	— 123,6°.

Der Äthyläther ist dimorph, und beim Schmelzen tritt gewöhnlich eine andere Modifikation auf als beim Erstarren. Deshalb gilt ein anderer Wert für die Schmelztemperatur, nämlich — 116,3°.

b) Siedepunkte.

Bei der Bestimmung der Siedepunkte ist der Druck zu beobachten, für dessen Einfluß die oben angegebenen Formeln gelten. Der Bequemlichkeit halber werden für den Bereich der atmosphärischen Druckschwankungen Tabellen mitgeteilt. Sie gelten für den Barometerstand, der nach Tabelle 1 auf 0° und dann auf normale Schwere zurückgeführt worden ist. Als letztere gilt für Druckmessungen nicht der für 45° Breite und Meereshöhe gültige Wert 980,62, sondern nach dem Beschluß der dritten Conférence générale des poids et mesures vom Jahre 1901 die etwas abweichende Zahl 980,665 cm/sek.[1]). Die Tabelle 2 für die Abhängigkeit des Wassersiedepunktes vom Druck ist aus den in Kapitel IV mitgeteilten Sättigungsdrucken abgeleitet und zeigt merkliche Abweichungen gegenüber den noch öfter gebrauchten Regnault-Brochschen Tafeln, die Wiebe in der Nähe von 100° berichtigt hat (Zeitschr. f. Instr. 1893, S. 329). Hierbei wird, wie üblich, der Siedepunkt des Wassers nach dem dynamischen Verfahren in einer Rudbergschen Röhre bestimmt, wobei der Unterschied des Dampfdruckes gegenüber der Atmosphäre durch ein kurzes Wassermanometer zu messen ist.

Für die höheren Siedepunkte, von denen Tabelle 3 die Werte ebenso für Schwefel enthält, pflegt man etwa 5 cm weite Glasrohre zu verwenden, wobei für das Thermometer ein Strahlungsschutz aus Asbest oder Eisenblech notwendig ist, der gleichsam die Stelle des inneren Rohres eines Rudbergschen Siedeapparates zu vertreten hat.

Die Werte für die Siedepunkte von Kohlensäure und Sauerstoff (Tabelle 4 und 5) beziehen sich auf die statische Messung. Für den Sauerstoff benutzt man am bequemsten ein Bad aus flüssigem Sauerstoff, der mit einem Teil flüssiger Luft versetzt ist.

---

[1]) Für die Reichsanstalt ist zu ebener Erde $g = 981{,}287 = 1{,}000634\,g$ norm. Die Abnahme mit der Höhe beträgt $0{,}290 \cdot 10^{-3}$/m (K. Scheel u. H. Dießelhorst, Wiss. Abhandl. 2, 185, 1895).

Literatur: L. Holborn und A. Day, Ann. d. Phys. **4**, 523, 1901 (Schmelzpunkte oberhalb 0°); L. Holborn und F. Henning, ebenda **26**, 859, 1908 (Siedepunkte oberhalb 0°) und ebenda **35**, 771, 1911 (Siede- und Schmelzpunkte oberhalb 0°); F. Henning, ebenda **43**, 284, 1914 (Siede- und Schmelzpunkte unterhalb 0°); F. Hoffmann und W. Meißner, ebenda 1919 (Schmelzpunkt von Pd).

3. Thermometer.

a) Gasthermometer.

Das Gasthermometer ist in der Reichsanstalt mit Ausnahme des Bereiches zwischen 0 und 100°, wo die umfangreichen Messungen von Chappuis vorliegen, vom Siedepunkt des Wasserstoffs bis zum Schmelzpunkt des Palladiums beobachtet, und zwar dienten unterhalb 0° Wasserstoff und Helium, oberhalb 100° Wasserstoff, Stickstoff und Argon als Meßgas. Das Gefäß für das Gas bestand aus Jenaer Glas 59^{III}, Quarzglas, Porzellan oder Platiniridium. Mit dem Gasthermometer wurden einerseits die Fixpunkte bestimmt, anderseits der Gang der Gebrauchsthermometer beobachtet.

b) Flüssigkeitsthermometer.

Von −40° aufwärts dient hauptsächlich das Quecksilberthermometer als Gebrauchsinstrument und reicht jetzt unter Verwendung von Supremaxglas und Quarzglas bis 750°. Für die tieferen Temperaturen macht man die Instrumente luftleer, für die höheren füllt man sie mit Stickstoff oder Kohlensäure, und zwar für 200° mit einem Druck von $^1/_2$ Atm. und höher hinauf mit Drucken bis zu 60 Atm. Die Kapillare der hochgradigen Thermometer wird unter Druck erst mit einem Schellackpfropfen verschlossen und dann zugeschmolzen oder neuerdings auch sogleich unter Druck elektrisch zugeschmolzen.

Um die Thermometer empfindlich zu machen, ohne übermäßig ihre Länge vergrößern oder ihren Meßbereich verkürzen zu müssen, schaltet man in die Kapillare Erweiterungen ein. Es ist jedoch bemerkenswert, daß derartige Thermometer als fundamental bestimmbare Instrumente nicht besonders gut geeignet sind, da die Korrektionen, die man durch die Additionen der Beobachtungen des Kalibers, des Gradwertes, des inneren und des äußeren Druckes usw. erhält, mehr oder weniger von denjenigen abweichen, welche eine unmittelbare Vergleichung mit Normalinstrumenten liefert.

Kennzeichnend für die Thermometergläser ist der Erweichungspunkt und die Depression nach einer Erwärmung auf 100°. Hierfür gilt:

	Glas 16^{III}	Glas 59^{III}	Glas 1565^{III}	Verbrennungsröhrenglas	Gege-Eff-Glas
Erweichungspunkt etwa	505°	510°	660°	560°	505°
Depression für je 100° etwa	0,04	0,03	0,01	0,03	0,04

Die Thermometer sollen durch längeres Erwärmen auf hinreichend hoher Temperatur, mindestens aber auf 450°, vor dem Füllen gealtert sein.

Für die Temperatur unter 0° kommen als Thermometerflüssigkeit Alkohol, Toluol bis — 100°, Petroläther und technisches Pentan bis — 192° in Betracht. Färben lassen sich diese durchsichtigen Flüssigkeiten für den vorliegenden Zweck nicht, weil die Farbstoffe in tiefer Temperatur ausfallen.

Die Korrektionen für die Skalen der Flüssigkeitsthermometer wurden anfangs für die verschiedenen Gläser durch eine Vergleichung mit dem Luftthermometer, später durch eine solche mit dem Platinthermometer ermittelt. Daraus sind die Mutterteilungen der Tabelle 6 berechnet.

Die Eichtabelle eines Flüssigkeitsthermometers bezieht sich auf den Fall, daß sich die Thermometerflüssigkeit vollständig auf der zu messenden Temperatur befindet. Ragt eine Länge l^0 des Fadens nach außerhalb und besitzt die Mitteltemperatur t_m, so ist zu der Ablesung t hinzuzufügen:

$$\alpha\,(t - t_m)\,l^0,$$

wo α die scheinbare Ausdehnung der Thermometerflüssigkeit im Glase bezeichnet, also bei Quecksilberthermometern zu setzen wäre:

		α
Glas	16^{III}	0,000 158,
„	59^{III}	0,000 164,
„	1565^{III}	0,000 172,
Quarzglas.		0,000 180;

t_m bestimmt man mit dem Fadenthermometer.

Literatur über Mutterteilungen: G. Moeller, F. Hoffmann und W. Meißner, Zeitschr. f. Instr. 1912, S. 217 (Glas 59^{III} und Verbrennungsglas); F. Hoffmann und W. Meißner, ebenda 1915, S. 41 (Glas 16^{III} und 59^{III}); H. Wiebe und G. Moeller, ebenda 1908, S. 139 (Skalenglas); Zusammenfassung bei K. Scheel, Deutsche Mech.-Ztg. 1916, S. 175.

c) Widerstandsthermometer.

Für die Widerstandsthermometer kommt vornehmlich Platin in Betracht. Neben seiner Dauerhaftigkeit zeichnet es sich vor allen übrigen Metallen dadurch aus, daß sein Widerstand oberhalb — 40° streng durch eine quadratische Formel darstellbar ist, daß also außer den beiden Fundamentalpunkten 0 und 100° ein dritter Fixpunkt für die Eichung der Thermometer hinreicht. Als solchen wählt man gewöhnlich den Siedepunkt des Schwefels; es steht jedoch nichts im Wege, auch die benachbarte Temperatur, die der Schmelzpunkt des Zinkes bietet, zu benutzen, da dieses Metall hinreichend rein (z. B. von Kahlbaum) im Handel zu haben ist. Von den höheren Fixpunkten kommen nur noch die Schmelzpunkte von Antimon und Silber in Frage, da das Platinthermometer oberhalb 1000° wegen der Zerstäubung dauernde Änderungen erleidet.

Vor dem Gebrauch werden die Widerstände gealtert. Bei der hierfür notwendigen Erwärmung geht man zweckmäßig nicht über die Grenze von 900 bis 1000° hinaus, um die Zerstäubung und Rekristallisation der Drähte zu vermeiden, womit auch eine Abnahme des Widerstandskoeffizienten α verbunden ist. Viel stärker jedoch als von der Anlaßtemperatur hängt der Wert α von der chemischen Reinheit des Platins ab; als Maximum des mittleren Wertes zwischen 0 und 100° ist bisher 0,00392 für das ausgeglühte Metall beobachtet, dem etwa 1,49 für δ (vgl. S. 7) entspricht. Mit zunehmender Unreinheit und Härte des Metalles fällt der Wert von α, während δ zunimmt.

Für den Gebrauch in hoher Temperatur ist es wichtig, den Platindraht möglichst durch die Luft zu isolieren. Man wickelt ihn deshalb gewöhnlich auf ein gezähntes Glimmerkreuz, so daß er nur in einem geringen Teil seiner Länge die Unterlage berührt. Vorzuziehen ist noch ein Kreuz aus Berliner Hartbrandporzellan, aus welchem Stoffe auch das Schutzrohr zu wählen ist. Die Drähte für die Zuleitung des Stromes und die Abnahme der Spannung nimmt man von Silber, muß alsdann natürlich bei der Erwärmung unterhalb des Schmelzpunktes dieses Metalles bleiben. Andernfalls benutzt man Platindrähte, hat alsdann aber an den Verbindungen mit den Kupferleitern mit großen Thermokräften zu rechnen, zu deren Vermeidung diese Stellen auf sehr gleichmäßiger Temperatur gehalten werden müssen.

In Tabelle 7a ist der Unterschied zwischen der Platin- und der wirklichen Temperatur aufgeführt für $\delta = 1{,}50$; Abweichungen davon lassen sich mit der Tabelle 7b für $d(t - t_p)/10\, d\delta$ berücksichtigen.

Auch unterhalb 0° behält das Platinthermometer den Vorzug großer Genauigkeit. Da die Abhängigkeit von der Temperatur hier jedoch sehr viel verwickelter ist, geben wir in Tabelle 8 von Grad zu Grad das Verhältnis R/R_0. Die Tabelle gilt für das Thermometer Nr. 32, für welches $\alpha = 0{,}0039141$ und $\delta = 1{,}487$. Für einen Widerstand R', dessen Konstanten von jenem Thermometer nicht zu sehr abweichen, kann man den Unterschied $\Delta R = R - R'$ zwischen 0 und $-190°$ nach der Gleichung

$$\Delta R = A(R-1) + B(R-1)^2$$

berechnen. Zur Ermittelung der Koeffizienten A und B ist der Widerstand R' bei zwei Temperaturen, etwa an den Siedepunkten der Kohlensäure und des Sauerstoffs zu messen.

Tabelle 8 enthält außerdem die Werte R/R_0 für ein Bleithermometer, dessen Widerstand unter 0° langsamer abfällt als der des Platins. Jedoch läßt die Konstanz des Bleithermometers zu wünschen übrig; vielleicht läßt sich auch das beständige Molybdän anwenden.

Will man Widerstandsthermometer aus anderen Metallen herstellen, so kann man den Verlauf der Widerstandskurve aus den Tabellen 9 und 10 entnehmen, von denen die erste die Werte von R/R_0 und die andere den mittleren Widerstandskoeffizienten für sieben Bereiche zwischen $-192°$ und $+500°$ darstellt. Auf die chemische Reinheit der aufgeführten Metalle wurde großer

Wert gelegt. Die meisten Proben waren in der Reichsanstalt gereinigt; außerdem sind der Vollständigkeit halber noch einige Handelsmarken und mehrere nicht stark verunreinigte Stücke untersucht worden, da sie immerhin den Temperaturverlauf einigermaßen angeben.

Die meisten Sorten sind von Aluminium aufgeführt, wo sich ergab, daß die chemisch reinste Probe einen kleineren Widerstandskoeffizienten aufwies als die unreineren. Doch werden die Reinigungsversuche noch fortgesetzt, weil die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß kleine Spuren einer gewissen Verunreinigung einen vorherrschenden Einfluß ausüben können.

Die Tabellen 9 bis 11 beziehen sich auf weiche Drähte, die vor der Beobachtung angelassen worden waren. Die Anlaßtemperatur übt einen verschiedenen Einfluß auf den Widerstandskoeffizienten aus: anfangs nimmt der Widerstandskoeffizient mit der Anlaßtemperatur ebenso wie die Leitfähigkeit zu, später tritt mit der Rekristallisation des Drahtes das Umgekehrte ein. Es gibt also für die Leitfähigkeit und den Widerstandskoeffizienten eine günstigste Anlaßtemperatur, die entsprechend dem Schmelzpunkt verschieden hoch liegt.

Alle Metalle zeigen oberhalb 0° ein beschleunigtes Anwachsen des Widerstandes mit der Temperatur, mit Ausnahme von Platin, Palladium und Tantal, wo der Widerstandskoeffizient mit steigender Temperatur abnimmt.

Der Verlauf der Widerstandskurve eines nicht zu stark verunreinigten Metalls ist im allgemeinen durch den mittleren Wert des Widerstandskoeffizienten α zwischen 0 und 100° gegeben; die Kurven verschiedener Sorten desselben Metalls schneiden sich ebensowenig wie die von verschiedenen Metallen, wenn man von dem ganz abweichenden Verhalten von Platin, Palladium und Tantal absieht. Am deutlichsten geht dies aus der Tabelle 11 hervor, welche die Widerstandsverhältnisse R/R_{-192} enthält. Die Reihenfolge der Widerstandskurven ist hier dieselbe wie die der charakteristischen Temperaturen, die Debye für die Metalle aufgestellt hat.

Auch das Quecksilber hat man für Widerstandsthermometer benutzt, jedoch bisher nur zwischen 0 und 100°. Schließt man dieses Metall in Kapillaren aus Quarzglas ein, so ist der Widerstandskoeffizient α, dessen mittlerer Wert in jenem Bereiche 0,000 988 026 beträgt, stets genau zu reproduzieren, weil Schwankungen in der Ausdehnung der Kapillaren nur geringen Einfluß ausüben und die chemische Reinheit der Füllung leicht zu erreichen ist. Für die Eichung ist also die Messung des Widerstandes R_0 bei 0° ausreichend. Aus der Quecksilbertemperatur t_q berechnet sich alsdann die wahre Temperatur t nach der Gleichung:

$$t - t_q = 2{,}510_8 \left[1 - \left(\frac{t-50}{50}\right)^2\right].$$

Ferner hat man für die Widerstandsänderung des Quecksilbers im Quarzglas

$$\frac{R}{R_0} = 1 + 888{,}79_7 \cdot 10^{-6}\, t + 0{,}992\,29 \cdot 10^{-6}\, t^2$$

und für die wahre Widerstandsänderung einer Säule von konstanter Form

$$\frac{R'}{R_0} = 1 + 889{,}15 \cdot 10^{-6} t + 0{,}993\,60 \cdot 10^{-6} t^2.$$

Weil mit dem Platinthermometer schon weitgehenden Ansprüchen an Genauigkeit genügt und die bisher erreichte Sicherheit in der absoluten Temperaturmessung vollständig ausgenutzt werden kann, so bleibt die Verwendung des Quecksilber-Widerstandsthermometers auf solche relative Messungen beschränkt, an deren Genauigkeit ganz besondere Anforderungen gestellt werden, zumal da es wegen des kleinen Widerstandskoeffizienten ein sehr empfindliches Verfahren der Widerstandsmessung verlangt.

Literatur: L. Holborn und F. Henning, Ann. d. Phys. **35**, 761, 1911 (Platinthermometer zwischen 0 und 450°); L. Holborn, ebenda **6**, 242, 1901, sowie F. Henning, ebenda **40**, 635, 1913 u. **43**, 282, 1919 (Platin- und Bleithermometer unterhalb 0°); L. Holborn, ebenda **59**, 145, 1919 (reine Metalle unterhalb und oberhalb 0°); W. Jaeger und H. v. Steinwehr, Ann. d. Phys. **43**, 1165 und **45**, 1089, 1914 (Quecksilber-Widerstandsthermometer).

d) Thermoelemente.

Als Normalelement dient für die thermoelektrischen Messungen, allerdings erst oberhalb 300°, das Element Platin-Platinrhodium, das mit dem Gasthermometer verglichen und durch die Schmelzpunkte von Metallen festgelegt wurde. Die Thermokraft E von Drähten, die aus verschiedenen von der Firma W. C. Heraeus hergestellten Schmelzen stammen, schwankt etwa um 1 Proz. und wird zwischen 300 und 1600° durch eine Gleichung dritten Grades dargestellt, deren Koeffizienten sich durch Beobachtungen an den Schmelzpunkten des Cadmiums, des Antimons, des Goldes und des Palladiums bestimmen lassen; als Beispiel sei die folgende auf diese Weise abgeleitete Gleichung angeführt:

$$E = 2290 + 89{,}042\left(\frac{t}{100} - 3\right) + 2{,}6875\left(\frac{t}{100} - 3\right)^2 - 0{,}080\,73\left(\frac{t}{100} - 3\right)^3 \text{Mikrovolt.}$$

Die Ungleichmäßigkeit im Gefüge der Elemente wird anfangs durch elektrisches Ausglühen möglichst beseitigt. Sie kann sich später im Gebrauch wieder bemerkbar machen und ist dann meistens verursacht durch Verunreinigungen, welche die Drähte in Gegenwart von Heizgasen, Kohle, Silicium usw. erfahren haben. Ferner wirkt auch die Zerstäubung benachbarter Heizdrähte, besonders solcher, die Iridium enthalten, schädlich ein, ja der Schenkel aus Platindraht kann durch die Zerstäubung des Platinrhodiumdrahts ungleichmäßig werden. Da fast alle diese Wirkungen nicht rückgängig zu machen sind, müssen die Drähte des Thermoelements in hoher Temperatur nach außen und gegeneinander sorgfältig geschützt werden, und zwar vielfach durch gasdichte Röhren, z. B. bei Gegenwart von Iridium, das bei seiner Zerstäubung als ein im gewissen Temperaturbereich flüchtiges Oxyd durch die unglasierte Marquardtsche Masse hindurch wandert.

Verschiedene Elemente aus unedlen Metallen besitzen für die hohen Temperaturen den Vorzug größerer Empfindlichkeit. Ihre Thermokräfte sind ebenso wie die einiger edlen Metalle in der Tabelle 12 bis zu der Gebrauchsgrenze angegeben, die durch den Eintritt von zu schneller Zerstörung unter dem oxydierenden Einfluß der Luft bestimmt wird. Für die Temperaturen unterhalb 0°, wo man nur auf Elemente aus unedlen Metallen angewiesen ist, besitzen diese natürlich eine weit größere Haltbarkeit.

Literatur: L. Holborn u. A. Day, Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1899, S. 691 und Ann. d. Phys. 2, 505, 1900; F. Hoffmann u. A. Schulze (Thermoelemente aus unedlen Metallen).

e) Optische Pyrometer.

Bei den optischen Pyrometern bedient man sich zur Herstellung homogenen Lichts außer der spektralen Zerlegung farbiger Gläser, und zwar zweckmäßigerweise roter, um möglichst tief mit der Beobachtung beginnen zu können. Das Holborn-Kurlbaumsche Pyrometer war zu diesem Zweck anfangs mit dem Jenaer Kupferoxydulglas Nr. 2745 versehen; später kam das im roten Licht schärfer begrenzte Jenaer Glas F Nr. 4512 zur Verwendung. Seine wirksame Wellenlänge, die ungefähr 0,650 μ beträgt, ändert sich etwas mit der Temperatur des Strahlers. Die Pyrometerlampe, eine kleine 4-Voltlampe mit Kohle- oder Wolframfaden, beansprucht man nicht über 1500° hinaus und eicht sie mit einem Hohlraumstrahler, dessen Temperatur durch ein Thermoelement gemessen wird.

Die folgenden Ausdrücke, worin der verschiedene Widerstandskoeffizient von Kohle und Metall zutage tritt, stellen annähernd die Abhängigkeit der Stromstärke der Pyrometerlampe von der Temperatur oberhalb 600° dar:

$$\text{Kohlefaden:} \quad i_0\left(1 + 0{,}125\left[\frac{t}{100} - 6\right] + 0{,}0037\left[\frac{t}{100} - 6\right]^2\right)$$

$$\text{Wolframfaden:} \quad i_0\left(1 + 0{,}057\left[\frac{t}{100} - 6\right] + 0{,}0149\left[\frac{t}{100} - 6\right]^2\right),$$

wo i_0 von der Dicke des Fadens abhängt.

Oberhalb 1500° setzt man die zu beobachtende Helligkeit durch die Spiegelung an Prismensystemen herab, deren Schwächungsvermögen entweder ebenfalls durch Temperaturmessungen mit einem Hohlraumstrahler oder durch einen rotierenden Sektor zu bestimmen ist. Als Wert für die Konstante des Strahlungsgesetzes [Gl. (1), S. 8] wird 14300 angenommen.

Für die Eichung kann man statt des Hohlraumstrahlers elektrisch geglühte Bleche aus Edelmetallen benutzen, deren wahre Temperatur sich leicht aus der schwarzen berechnen läßt, weil das Strahlungsvermögen von der Temperatur unabhängig und durch das bei Zimmertemperatur beobachtete Reflexionsvermögen R gegeben ist. Jedoch bietet es im allgemeinen Schwierigkeiten, die Temperatur der frei strahlenden Flächen solcher Bleche mit Genauigkeit zu messen. Allein der Schmelzpunkt macht eine Ausnahme, da durch dessen

Eintritt die Temperatur ohne Thermometer genau bestimmt ist. Für solche Stoffe, deren Schmelzpunkt noch nicht anderweitig bekannt ist, kann man ihn unter Berücksichtigung des Strahlungsvermögens aus der beim Durchschmelzen beobachteten schwarzen Temperatur s ableiten. Dies ist im folgenden bei Rhodium und Iridium geschehen, während für Silber, Gold, Palladium und Platin aus der schwarzen Temperatur s und der anderweitig bekannten wahren Schmelztemperatur t das Strahlungsvermögen $(1 - R)$ am Schmelzpunkt für rotes Licht berechnet ist. Diese berechneten Werte stimmen innerhalb der Fehlergrenze mit denen überein, die sich für Silber, Gold und Platin aus Reflexionsbeobachtungen bei 20° ergaben.

Metall	s	t	$1 - R$ für $\lambda = 0{,}65\ \mu$	
			am Schmelzpunkt	bei 20°
Silber	810°	960°	0,04	0,07
Gold	920	1063	0,13	0,12
Palladium	1390	1557	0,295	—
Platin	1575	1764	0,33	0,33
Rhodium	1680	1920	—	0,29
Iridium	2030	2340	—	0,32

Literatur: L. Holborn und F. Kurlbaum, Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1901, S. 712 und Ann. d. Phys. **10**, 225, 1903 (Optisches Pyrometer); L. Holborn und F. Henning, Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 1905, S. 311 (Strahlungsvermögen edler Metalle); F. Henning, Zeitschr. f. Instrkde. 1910, S. 61 (Spektralpyrometer und optische Konstanten von Metallen); E. Warburg, G. Leithäuser, E. Hupka und C. Müller, Ann. d. Phys. **40**, 609, 1913 und E. Warburg und C. Müller, ebenda **48**, 410, 1915 (Konstante des Strahlungsgesetzes).

f) Segersche Schmelzkegel.

Schmelztemperaturen lassen sich für die Segerschen Kegel im allgemeinen nicht angeben. So bequem ihr Gebrauch für die Tonindustrie ist und so sicher sich hier mit ihnen das Garbrennen des Ofenguts überwachen läßt, so kann die Thermometrie doch nur in vereinzelten Sonderfällen von diesem Hilfsmittel Gebrauch machen, weil die Erweichung der Kegel nicht allein von der Temperatur, sondern in sehr hohem Grade auch von der Dauer der Erhitzung abhängt.

Literatur: F. Hoffmann, Bericht über die 31. Versammlung des Vereins deutscher Fabriken feuerfester Produkte zu Berlin 1911, S. 53.

4. Thermostaten.

Zur Herstellung konstanter Temperaturen, die man für Vergleichung von Thermometern oder für andere thermische Arbeiten gebraucht, bedient man sich derselben Mittel wie zur Gewinnung der Fixpunkte, nämlich der Schmelz- und Siedetemperaturen. Da jedoch meistens das Bedürfnis vorliegt, mit dem-

selben Apparat verschiedene Temperaturen von hinreichender Konstanz herstellen und leicht von der einen zur anderen übergehen zu können, so benutzt man als Thermostaten lieber Flüssigkeitsbäder, die sich auf eine in weiteren Grenzen veränderliche Temperatur erwärmen lassen. Die für diesen Zweck früher benutzte Gasheizung ist fast durchweg durch die elektrische ersetzt, da sich damit selbst bei geringerer Kapazität des Bades eine größere Konstanz erreichen läßt. Nur bei den Siedeapparaten, wo eine feine Regelung nicht so notwendig ist, hat das neuere Heizverfahren das ältere noch nicht ganz verdrängt.

Die in der Reichsanstalt benutzten Thermostaten sind im wesentlichen folgende:

0 bis 95° Elektrisch geheiztes Wasserbad; eine Form beschrieben von F. Grützmacher, Wissensch. Abh. **3**, 248, 1900 und Dtsch. Mech.-Ztg. 1902, S. 184.

80 bis 100° Wassersiederöhre bei Unterdruck zur Prüfung von Siedethermometern; W. Pomplun, Zeitschr. f. Instr. 1891, S. 2.

100° Wassersiederöhre für Atmosphärendruck; M. Thiesen, K. Scheel u. L. Sell, Wissensch. Abh. **2**, 140, 1895 und in anderer Ausführung bei F. Grützmacher, ebenda **3**, 260, 1900 und Dtsch. Mech.-Ztg. 1902, S. 193; eine kleine Form für Höhenthermometer bei F. Grützmacher, Zeitschr. f. Instr. 1897, S. 198.

57 bis 300° Siedeapparate für verschiedene Flüssigkeiten:

Aceton	57°	Metaxylol	149°
Chloroform	61	Terpentinöl	160
Methylalkohol	65	Orthotoluidin	197
Äthylalkohol	78	Methylbenzoat	199
Isobutylbromid	88	Äthylbenzoat	212
Propylalkohol	96	Chinolin	235
Toluol	109	Amylbenzoat	257
Paraldehyd	124	Glycerin	285
Amylacetat	141	Phenylxylyläthan	300

50 bis 250° Elektrisch geheiztes Ölbad; R. Rothe, Zeitschr. f. Instr. 1899, S. 144. (Als Leiter für den Heizstrom dient neuerdings ein Silitrohr.) Ein ähnlicher Thermostat für ein Piezometer bei L. Holborn u. H. Schultze, Ann. d. Phys. **47**, 1101, 1915 und ein anderer für einen Kalorimetermantel bei L. Holborn u. F. Henning, ebenda **23**, 810, 1907.

225 bis 600° Salpeterbad; die Füllung besteht aus Kali- und Natronsalpeter im Verhältnis der Molekulargewichte (101 : 85). Bei den früher beschriebenen Bädern ist die Gasheizung durch die elektrische ersetzt; die Heizspule aus Nickeldraht wird auf das durch Asbestpappe isolierte Eisengefäß außen aufgewickelt und ist vor Berührung mit der sich über den Gefäßrand hinziehenden Flüssigkeit durch einen mit diesem verschweißten Eisenblechmantel

geschützt. Für die Bodenheizung wird eine rostförmige Heizspule vorgesehen.

445° Schwefelsiederöhre, mit Gas oder elektrisch geheizt; ähnlich für Naphthalin und Benzophenon. R. Rothe, Zeitschr. f. Instr. 1903, S. 364; L. Holborn u. F. Henning, Ann. d. Phys. **26**, 860, 1908; W. Meißner, ebenda **39**, 1230, 1912.

Oberhalb 300° Elektrisch geheiztes Luftbad. Eine Röhre aus Porzellan oder dergleichen trägt die Heizspule, die für Temperaturen bis 1000° aus Nickel, bis 1500° aus Platin, bis 1800° aus Iridium besteht. Der Verschleiß der beiden letzten Metalle, von denen Iridium immer, Platin vielfach nicht als Draht, sondern als dünnes Blech in Zylinder- oder Bandform verwendet wird, ist bei der höchsten Temperatur groß wegen der Zerstäubung bei Zutritt von Sauerstoff; man gebraucht deshalb eine Stickstoffatmosphäre. Die Enden des Heizrohres erhalten einen Zusatz an Windungen oder an besonderen Spulen, um eine gleichmäßigere Verteilung der Temperatur zu erzielen. Gasdichten Abschluß gewährt bis 1300° außer Quarzglas glasiertes Porzellan, bis 1500° glasierte Marquardtsche Masse. Doch schmilzt die Glasur beider Stoffe schon bei 1100° und hält alsdann nur noch Unterdruck aus. Die Ofentemperatur steigt bei Heizspulen aus einfachen Metallen oberhalb 200° ziemlich proportional der Stärke des Heizstromes an. L. Holborn u. A. Day, Ann. d. Phys. **68**, 817, 1899 und **2**, 505, 1900 (Öfen mit Nickelspule); L. Holborn u. S. Valentiner, ebenda **22**, 1, 1907 (Öfen mit Stromleitern aus Platin oder Iridium).

−0,5 bis −33° Für konstante Temperaturen unterhalb 0° kommen zunächst die Gemische von Eis und verschiedenen Salzen in Betracht, und zwar geben mit 100 Tln. Eis

10 Tle.	Kaliumsulfat	− 1,9°
13 „	Kaliumnitrat	− 2,9
30 „	Kaliumchlorid	−10,6
25 „	Ammoniumchlorid	−15,0
33 „	Natriumchlorid	−21,2
200 „	Calciumchlorid	−35

Ferner erhält man

mit	Natriumphosphat	− 0,5°
„	Natriumsulfat	− 1,1
„	Bariumchlorid	− 7

wenn man Eis in kleinen Gaben zusetzt und während des Schmelzens stets nachgibt. F. Grützmacher, Dtsch. Mech.-Ztg. 1902, S. 194.

−65 bis 0° Ein Alkoholbad wird durch Verdampfen flüssiger Kohlensäure gekühlt. F. Grützmacher, Dtsch. Mech.-Ztg. 1902, S. 202.

−78,3° Gemisch von Alkohol und fester Kohlensäure, im Vakuummantelgefäß angesetzt. Die Temperatur schwankt etwas mit dem Luftdruck und ist ein wenig höher als der nach dem statischen Verfahren beobachtete Siedepunkt der Kohlensäure.

−150 bis 0° Ein Alkohol- oder Petroläther bad wird durch verdampfende flüssige Luft gekühlt. F. Henning, Zeitschr. f. Instr. 1913, S. 33.

−183 bis −192° Ein Bad aus einem Gemisch von flüssigem Sauerstoff und flüssiger Luft oder aus einem Bestandteil allein.

−252° Ein Bad aus flüssigem Wasserstoff.

II. Zustandsgrößen.

1. Gase.

Die Tabellen 13 bis 23 enthalten pv-Werte für Luft (kohlensäurefrei), Argon und Helium, und die daraus folgenden Zahlen für die Ausdehnungs- und Spannungskoeffizienten. Ferner ergibt sich für die Tangente der Neigung, welche die Isothermen bei dem Drucke Null gegen die p-Achse aufweisen:

t	Luft	Argon	Helium
0°	− 0,000 80	− 0,001 20	+ 0,000 69
50	− 0,000 23	− 0,000 62	0,000 665
100	+ 0,000 16	− 0,000 23	0,000 655
150	0,000 37	+ 0,000 08	
200	0,000 59	0,000 25	

und für die Korrektion auf die thermodynamische Skale bei Messungen mit dem Gasthermometer vom Anfangsdruck 1 m Quecksilber:

t	Luft		Argon		Helium	
	Konst. Druck	Konst. Vol.	Konst. Druck	Konst. Vol.	Konst. Druck	Konst. Vol.
50°	− 0,024°	− 0,011°	− 0,030°	− 0,011°	+ 0,001°	+ 0,001°
150	+ 0,065	+ 0,028	+ 0,041	0,000	—	—
200	0,131	0,044	0,118	+ 0,033	—	—

Die Korrektionen für Helium reichen an die Fehlergrenze.

Alle Berechnungen gehen von der Voraussetzung aus, daß der Grenzwert für den Ausdehnungs- und Spannungskoeffizienten gleich 0,003 661 8 ist. Als Einheit des Druckes gilt 1 m Quecksilber und des Gasvolumens der bei 0°

und 1 m Quecksilber eingenommene Raum. Zur Messung diente das Verfahren, ein Glasgefäß von 110 cm^3, das in ein Piezometer eingeschlossen war, bei verschiedenen hohen Drucken und Temperaturen mit dem Gase zu füllen und dieses dann auf Zimmertemperatur zu entspannen. Auf diese Weise blieb die Empfindlichkeit durchweg dieselbe.

Stellt man die Isothermen im Beobachtungsbereich durch eine quadratische Gleichung von der Form

$$pv = (pv)_0\left(1 + \frac{B}{v} + \frac{C}{v^2}\right)$$

dar, so erhält man für die Koeffizienten die folgenden Werte:

Isotherme	Luft		Argon		Helium	
	$B \cdot 10^3$	$C \cdot 10^6$	$B \cdot 10^3$	$C \cdot 10^6$	$B \cdot 10^3$	$C \cdot 10^6$
0°	− 0,784 94	+ 5,1918	− 1,271 32	+ 0,446 81	+ 0,708 48	0,000 00
50	− 0,189 04	4,6310	− 0,633 31	3,541 08	0,665 23	0,000 00
100	+ 0,206 84	4,5054	− 0,247 25	3,690 55	0,664 35	0,000 00
150	0,486 76	4,4801	+ 0,058 59	3,597 19	—	—
200	0,702 92	4,3125	0,271 13	3,653 94	—	—

In den Tabellen 21 bis 23 werden die aus den Beobachtungen auf graphischem Wege abgeleiteten pv-Werte angegeben, sowie ihre Abweichung Δ von den nach der Formel berechneten. Die Übereinstimmung ist meistens befriedigend; nur bei der Isotherme der Luft von 200° und der des Argons von 0° übertreffen die Werte von Δ die Beobachtungsfehler. Für Helium ist $C = 0$.

Literatur: L. Holborn u. H. Schultze, Ann. d. Phys. **47**, 1089, 1915.

2. Flüssigkeiten.

a) Ausdehnung des Wassers.

Die Ausdehnung des Wassers ist nach dem Verfahren der kommunizierenden Röhren bestimmt worden. Tabelle 24 und 25 enthalten die Ergebnisse zwischen 0 und 40°, Tabelle 26 reicht bis 100°. Bezeichnet s das spezifische Gewicht des Wassers, so gilt zwischen 0 und 40°:

$$1 - s = \frac{(t - 3{,}98)^2}{503\,570} \cdot \frac{t + 283}{t + 67{,}26}$$

und bis 100°

$$1 - s = \frac{(t - 3{,}982)^2}{466\,700} \cdot \frac{t + 273}{t + 67} \cdot \frac{350 - t}{365 - t}.$$

Literatur: M. Thiesen, K. Scheel u. H. Dießelhorst, Wiss. Abh. **3**, 1, 1900 (zwischen 0 und 40°) und M. Thiesen, ebenda **4**, 1, 1904 (bis 100°).

b) Ausdehnung des Quecksilbers.

Das spezifische Gewicht des Quecksilbers wurde bei 0° durch Wägen einer 9 kg schweren Metallmenge in Wasser bestimmt. Außerdem ergab sich die Ausdehnung zwischen 0 und 100° durch Beobachtung von Quecksilberthermometern aus den Jenaer Gläsern 16^{III} und 59^{III} in Verbindung mit der Messung der linearen Ausdehnung dieser Gläser mittels des Komparators. Endlich ist die Ausdehnung des Quecksilbers in Dilatometern bei 100° auf die des Wassers bezogen. Aus allen diesen Versuchen folgt für die kubische Ausdehnung des Quecksilbers bei Atmosphärendruck zwischen 0 und 100°:

$$\left\{18{,}182\,\frac{t}{100}+0{,}078\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}10^{-3}.$$

Oberhalb 100° wurde die Ausdehnung in Thermometern aus Glas 59^{III} bestimmt und ergab sich zwischen 100 und 300° zu:

$$\left\{18{,}181\,\frac{t}{100}+0{,}0347\left(\frac{t}{100}\right)^2+0{,}0393\left(\frac{t}{100}\right)^3-0{,}000\,20\left(\frac{t}{100}\right)^4\right\}10^{-3}$$

und zwischen 200 und 500° zu

$$\left\{18{,}223\,\frac{t}{100}+0{,}0131\left(\frac{t}{100}\right)^2+0{,}0399\left(\frac{t}{100}\right)^3+0{,}000\,93\left(\frac{t}{100}\right)^4\right\}10^{-3}\times$$
$$\times\left\{1-4{,}7\,.\,10^{-7}\,\frac{t}{100}(p-1)\right\}-4{,}7\,.\,10^{-9}(p-1),$$

wo p den Druck in Atmosphären bezeichnet.

Tabelle 27 enthält das spezifische Gewicht des Quecksilbers zwischen 0 und 500°, Tabelle 28 die Ausdehnung der Volumeneinheit.

Literatur: M. Thiesen, K. Scheel u. L. Sell, Wiss. Abh. **2**, 180, 1896; M. Thiesen, ebenda **4**, 4, 1904; M. Thiesen u. K. Scheel, Zeitschr. f. Instr. 1898, S. 138; K. Scheel u. W. Heuse, Verh. d. D. Phys. Ges. 1912, S. 139 (zwischen 0 und 100°); F. Hoffmann u. W. Meißner, Zeitschr. f. Instr. 1919, S. 212 (zwischen 100 und 500°).

3. Feste Körper.

a) Elastische Konstanten.

Tabelle 29 enthält für eine Reihe von Metallen, die in Form von gezogenen oder gegossenen Stäben bei 18° untersucht wurden, die elastischen Konstanten, und zwar den Dehnungsmodul E und den Schub- oder Torsionsmodul G, ferner das Verhältnis μ der Quer- und Längsdilatation (Poissonsche Zahl) und die Kompressibilität $\varkappa$. Die Längsdehnung sowie die Querkontraktion wurden durch die Verschiebung von Interferenzstreifen gemessen, und daraus der Schubmodul und die Kompressibilität berechnet nach den Gleichungen: $G = E\,(1+2\,\mu)$ und $\varkappa E = 3\,(1-2\,\mu)$. An denselben Stäben, deren elastische Eigenschaften auf diese Weise untersucht wurden, ist auch die spezifische Wärme (vgl. III, 3, Tabelle 38),

sowie das Verhältnis des thermischen zum elektrischen Leitvermögen (vgl. V, Tabelle 49) und teilweise die Ausdehnung (bei Au, Bi, Cd, Ir, Pb und Zn, vgl. II, 3b, Tabelle 30 zwischen -183^0 und $+100^0$) beobachtet worden.

Literatur: E. Grüneisen, Ann. d. Phys. **22**, 801, 1907; **25**, 827, 1908 und **33**, 1239, 1910.

b) Ausdehnung.

Bestimmungen der Ausdehnung fester Körper liegen in großer Zahl vor, von denen die meisten über die Temperatur von 100^0 hinausgehen, welche vorher die übliche Grenze für derartige Messungen bildete. Die Veranlassung hierzu bildeten die Messungen mit dem Gasthermometer, für deren Auswertung die Ausdehnung des Gefäßes bekannt sein muß, und das Bedürfnis der Technik, die Eigenschaften ihrer Baustoffe oberhalb 100^0 kennen zu lernen. Neben dem Fizeauschen Verfahren, das man nach oben bis 500^0 und nach unten bis -252^0 durchführte, wurde mit dem Komparator bis 1000^0 und in einem Falle sogar bis 1700^0 beobachtet, wobei die Ausdehnung eines Körpers entweder absolut oder relativ gegen die eines anderen zu messen war.

Tabelle 30 stellt für die verschiedenen Beobachtungsbereiche die lineare Ausdehnung in Millimeter dar, bezogen auf 1 m der Länge bei 0^0. Die Formeln, die sich den folgenden Literaturangaben anschließen, geben die Ausdehnung Δl in derselben Einheit; $\tau = t/100$.

Literatur und Formeln.

1. M. Thiesen, K. Scheel u. L. Sell, Wissensch. Abh. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt **2**, 129, 1895. Komparatormethode. Messungen am nicht geglühten Material nach langer Ruhe.

Jenaer Glas 16^{III}	0 bis	100^0	$0{,}7723\,\tau + 0{,}035\,0\,\tau^2$
Jenaer Glas 59^{III}	0 „	100^0	$0{,}5680\,\tau + 0{,}024\,5\,\tau^2$

2. L. Holborn u. A. Day. Ann. d. Phys. (4) **4**, 104 bis 122, 1901. Komparatormethode.

Platin	0 bis	1000^0	$0{,}8868\,\tau + 0{,}013\,24\,\tau^2$
Palladium	0 „	1000^0	$1{,}1670\,\tau + 0{,}021\,87\,\tau^2$
Platiniridium (80 Pt, 20 Ir)	0 „	1000^0	$0{,}8198\,\tau + 0{,}014\,18\,\tau^2$
Silber	0 „	875^0	$1{,}8270\,\tau + 0{,}047\,93\,\tau^2$
Nickel	500 „	1000^0	$1{,}3460\,\tau + 0{,}033\,15\,\tau^2$
Konstantan (60 Cu, 40 Ni)	0 „	500^0	$1{,}4810\,\tau + 0{,}040\,24\,\tau^2$
Schmiedeeisen	0 „	750^0	$1{,}1705\,\tau + 0{,}052\,54\,\tau^2$
Stahl	0 „	750^0	$0{,}9173\,\tau + 0{,}083\,36\,\tau^2$

3. L. Holborn u. E. Grüneisen, Ann. d. Phys. (4) **6**, 136—145, 1901. Komparatormethode.

Berliner Porzellan	0 bis	600^0	I	$0{,}3027\,\tau + 0{,}011\,77\,\tau^2$
			II	$0{,}3188\,\tau + 0{,}009\,36\,\tau^2$
			Mittel	$0{,}3107\,\tau + 0{,}010\,57\,\tau^2$

Oberhalb 600^0 tritt mit der Umwandlung des im Porzellan enthaltenen Quarzes ein anderer Gang der Ausdehnung auf.

Jenaer Glas 59^{III}	0 bis 500^0	Kapillare	$0{,}5814\,\tau + 0{,}008\,04\,\tau^2$
		Stab	$0{,}5852\,\tau + 0{,}009\,59\,\tau^2$
		Mittel	$0{,}5833\,\tau + 0{,}008\,81\,\tau^2$

4. W. Dittenberger, Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **46**, 1532, 1902. Komparatormethode.

Schweißeisen	0 bis 750°	$1{,}1691\,\tau + 0{,}047\,0\,\tau^2$
Flußeisen	0 „ 750°	$1{,}1575\,\tau + 0{,}053\,0\,\tau^2$
Flußstahl	0 „ 750°	$1{,}1181\,\tau + 0{,}052\,6\,\tau^2$
Maschinengußeisen	0 „ 625°	$0{,}9794\,\tau + 0{,}056\,6\,\tau^2$
Hochwertiges Gußeisen A	0 „ 875°	$0{,}9796\,\tau + 0{,}061\,8\,\tau^2$
Hochwertiges Gußeisen B	0 „ 500°	$0{,}9836\,\tau + 0{,}060\,4\,\tau^2$
Kupfer	0 „ 625°	$1{,}6070\,\tau + 0{,}040\,3\,\tau^2$
Aluminium	0 „ 610°	$2{,}3536\,\tau + 0{,}070\,71\,\tau^2$
Messing (61,54 Cu; 37,89 Zn; 0,43 Pb)	0 „ 375°	$1{,}7476\,\tau + 0{,}087\,67\,\tau^2$
Bronze (84,06 Cu; 8,69 Zn; 6,5 Sn; 0,71 Pb)	0 bis 500°	$1{,}7044\,\tau + 0{,}043\,4\,\tau^2$

Analyse der vorstehenden Eisensorten nach E. Groschuff, Zeitschr. d. Ver. D. Ing. **46**, 1865, 1902.

	C	Mn	Cu	Ni u. Co	Si	S	P	As	Sb usw.	Schlacke
Schweißeisen	0,06	0,25	0,08	0,09	0,07	0,03	0,17	0,07	Spuren	0,55
Flußeisen	0,09	0,58	0,07	0,10	0,01	0,07	0,09	0,05	„	—
Flußstahl	0,49	0,64	0,08	0,08	0,34	0,04	0,09	0,07	„	—
Maschinengußeisen „GK“	3,44	0,57	0,07	0,10	1,69	0,08	0,47	0,04	„	—
Hochwertiges Gußeisen „A“	3,53	0,65	0,12	0,04	1,17	0,09	0,30	0,04	„	—
Hochwertiges Gußeisen „B“	3,33	0,79	0,16	0,10	1,49	0,13	0,31	0,04	„	—

5. L. Holborn u. F. Henning, Ann. d. Phys. (4) **10**, 416—418, 1903. Komparatormethode. Quarzglas; es werden Zahlen zwischen 0 und 1000° von 250 zu 250° angegeben.

6. K. Scheel, Wissensch. Abh. d. Phys.-Techn. Reichsanstalt **4**, 60, 1904. Fizeausche Methode.

Berliner Porzellan:
Zimmertemperatur bis 100° $0{,}2721\,\tau + 0{,}0306\,\tau^2$

Jenaer Glas 59^{III}:
Zimmertemperatur bis 100° $0{,}5608\,\tau + 0{,}0290\,\tau^2$

Quarzglas (Körper von 3,7 mm Durchmesser):
Zimmertemperatur bis 100° $0{,}0322\,\tau + 0{,}0152\,\tau^2$

7. K. Scheel, Verh. d. D. Phys. Ges. **9**, 23, 1907. Fizeausche Methode.

Quarz parallel zur Achse:
— 190 bis + 100° $0{,}7085\,\tau + 0{,}093\,86\,\tau^2 - 0{,}007\,20\,\tau^3$

Platin (nicht geglüht) — 190 bis + 100° $0{,}8749\,\tau + 0{,}031\,41\,\tau^2 - 0{,}006\,94\,\tau^3$

Palladium — 190 bis + 100° $1{,}1521\,\tau + 0{,}051\,67\,\tau^2 - 0{,}011\,24\,\tau^3$

Quarzglas (Körper von 7 mm Durchmesser):
— 190 bis + 100° $0{,}0217\,\tau + 0{,}023\,79\,\tau^2$.

8. L. Holborn u. S. Valentiner, Ann. d. Phys. (4) **22**, 12 u. 16, 1907. Komparatormethode.

Platiniridium (80 Pt; 20 Ir). Die früher (vgl. unter 2) bis 1000° abgeleitete Formel wird bis 1600° bestätigt.

Iridium, 1070 bis 1720° von Zimmertemperatur ab $0{,}6790\,\tau + 0{,}011\,20\,\tau^2$.

9. F. Henning, Ann. d. Phys. (4) **22**, 638, 1907. Komparatormethode. Messungen an den von Dittenberger, sowie Holborn und seinen Mitarbeitern in höheren Temperaturen gemessenen Körpern zwischen — 191 und + 16°. Die Resultate sind auf das Mittel der Werte von Scheel (vgl. 7 und 11) für Platin, Palladium, Quarzglas, Jenaer Glas 59^{III} und Berliner Porzellan umgerechnet und daraus die Zahlen für Tabelle 30 im Bereiche — 190 bis 0° abgeleitet.

10. K. Scheel u. W. Heuse, Verh. d. D. Phys. Ges. **9**, 449—459, 1907. Komparatormethode.
Platin (geglüht) . . . . . — 183 bis + 16° $0{,}8911\,\tau + 0{,}0491\,\tau^2$.
Messungen nach der Fizeauschen Methode bei — 183° stimmen mit den Komparatormessungen nahezu überein.

11. K. Scheel, Zeitschr. f. Instr. **28**, 106, 1908. Fizeausche Methode.
Platiniridium (90 Pt; 10 Ir); Invar (von Krupp); Invar (aus Imphy), Berliner Porzellan und Jenaer Glas 59^{III} zwischen — 191 und + 16°.

12. E. Grüneisen, Ann. d. Phys. (4) **33**, 33, 1910. Komparatormethode. Messungen an Antimon, Blei, Cadmium, Gold, Iridium, Magnesium, Wismut, Zink, Zinn, zwischen — 183° und Zimmertemperatur, sowie zwischen dieser und + 100°. Für Tabelle 30 sind Werte abgeleitet für — 190 bis 0° und 0 bis 100°, mit Ausnahme von Cadmium und Zinn, die sich ebenso wie Zn unregelmäßig verhalten.

Konstanten der Formel $\Delta l = 1000\,\gamma\,\{(t_2 + 273)^{1+\varepsilon} - (t_1 + 273)^{1+\varepsilon}\}$ mm.

	$10^6\gamma$	ε		$10^6\gamma$	ε
Aluminium	2,22	0,35	Nickel	1,287	0,342
Antimon	5,54	0,100	Palladium	2,178	0,255
Blei	12,12	0,131		2,762	0,215
Eisen	0,679	0,43	Platin	2,315	0,203
Gold	5,69	0,137		2,940	0,165
Iridium	1,319	0,24	Silber	6,65	0,115
Kupfer	3,277	0,240		5,31	0,19
Magnesium	2,77	0,337	Wismut	8,94	0,0605

Diese Formel, durch welche die Beobachtungen in tiefer Temperatur gut dargestellt werden, reicht auch höher hinauf, verlangt jedoch dann häufig ein wachsendes ε.

13. K. Scheel u. W. Heuse, Verh. d. D. Phys. Ges. **16**, 1—3, 1914. Fizeausche Methode.
Quarzglas (Ring von Zeiß):
— 253 bis + 100° $0{,}0362\,\tau + 0{,}018\,13\,\tau^2 - 0{,}003\,40\,\tau^3$.

14. K. Scheel, Zeitschr. f. Instr. **38**, 98, 1918. Fizeausche Methode.
Quarzglas (Ring von Zeiß):
0 bis 500° $0{,}0395\,\tau + 0{,}012\,82\,\tau^2 - 0{,}001\,698\,\tau^3$.
Jenaer Glas 1565^{III} (Supremaxglas) . . 0 bis 500° $0{,}3306\,\tau + 0{,}014\,574\,\tau^2$.

15. K. Scheel, Zeitschr. f. Instr. **39**, 187, 1919. Fizeausche Methode.
Brandes & Schünemannsches Spiegelmetall. Mittlerer Ausdehnungskoeffizient zwischen 20 und 100° $\alpha = 16{,}04 \cdot 10^{-6}$. Jenaer Glas $1801\,c^{III}$ (Verbrennungsröhrenglas). Mittlerer Ausdehnungskoeffizient zwischen 20 und 100° $\alpha = 3{,}975 \cdot 10^{-6}$.
Fizeausche und Komparatormethode.
Aluminium . . . . . — 78 bis + 500° $2{,}29\,\tau + 0{,}09\,\tau^2$.

16. K. Scheel. Fizeausche und Komparatormethode.

Silber	20 bis 500°	$1{,}939\,\tau + 0{,}0295\,\tau^2$
Magnesium	20 „ 500°	$2{,}507\,\tau + 0{,}0936\,\tau^2$
Jenaer Glas 16^{III}	20 „ 500°	$0{,}778\,\tau + 0{,}0296\,\tau^2$

III. Spezifische Wärme.

Die spezifische Wärme wird in kalorischem oder in elektrischem Maß angegeben. Hierbei ist zu setzen:

$1\ cal_{15} = 4{,}184_2$ Wattsekunden.

1. Gase.

Für eine Reihe von Gasen wurde die wahre spezifische Wärme bei 20° und bei einigen Temperaturen unter 0° bis — 180° nach dem Verfahren der stetigen Strömung gemessen, wobei die Wärmeverluste des auf elektrischem Wege geheizten Gasstromes durch eine konzentrische Anordnung des Kalorimeterweges klein gehalten wurden. Die spezifische Wärme der Luft bei dem konstanten Druck von einer Atmosphäre ergab sich um etwa 2 Proz. größer, als man bisher nach der Bestimmung Regnaults angenommen hatte.

Eine andere Reihe Arbeiten betrifft die Ermittlung der mittleren spezifischen Wärme konstanten Druckes für Luft, Stickstoff, Kohlensäure und Wasserdampf zwischen 20 oder 100° und 400 bis 1400° nach dem Mischungsverfahren, das Regnault für den Bereich zwischen 0 und 200° benutzt hat. Bei der Berechnung dieser Beobachtungen mußten zunächst für die tieferen Temperaturen die Regnaultschen Werte zugrunde gelegt werden, was einen Einfluß auf alle Ergebnisse ausgeübt hat, da vielfach die spezifische Wärme der Gase nur relativ gegen die der Luft gemessen werden konnte. Bei der Aufstellung der folgenden Tabellen ist der neue Wert für die spezifische Wärme der Luft angenommen und die Abweichung der früher benutzten Temperaturskale von der jetzigen berücksichtigt.

In einer dritten Versuchsreihe wurde die Abhängigkeit der spezifischen Wärme der Luft vom Druck bestimmt, und zwar wurde die mittlere spezifische Wärme zwischen 20 und 100° in dem Bereiche zwischen 1 und 300 Atm. gemessen. Hierzu diente auch das Verfahren der stetigen Strömung, und zwar mit Luftmengen bis zu 40 kg/Stunde. Bei Atmosphärendruck wurde auf diese Weise für die spezifische Wärme ebenfalls ein Wert gefunden, der um 2 Proz. größer ist als der Regnaultsche.

Endlich bestimmte man das Verhältnis $\varkappa$ der spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen für Luft, Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlensäure bei Zimmertemperatur aus der adiabatischen Zustandsänderung bei einer plötzlichen Entspannung. Der dabei eintretende Temperaturabfall wurde mit einem Bolometerwiderstand gemessen. Innerhalb der Genauigkeitsgrenze dieses Verfahrens stehen die Ergebnisse in Übereinstimmung mit den Werten, die sich nach der ersten Versuchsreihe aus der spezifischen Wärme konstanten Drucks ergeben haben.

Tabelle 31 enthält die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe nebst einigen daraus berechneten Größen; in Tabelle 32 bis 35 ist die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von der Temperatur und in Tabelle 36 die Abhängigkeit vom Druck dargestellt.

Literatur: K. Scheel u. W. Heuse, Ann. d. Phys. **37**, 79, 1912 und **40**, 492, 1913, sowie W. Heuse, ebenda **59**, 86, 1919 (wahre spezifische Wärme bei 20°, — 70 und — 180°); L. Holborn u. L. Austin, Wissensch. Abh. **4**, 131, 1905, sowie L. Holborn

u. F. Henning, Ann. d. Phys. **18**, 739, 1905 und **23**, 810, 1907 (spezifische Wärme bei hoher Temperatur); L. Holborn u. M. Jakob, Forschungsarbeiten d. Vereins D. Ing., Heft 187 u. 188, 1916 (spezifische Wärme bei hohem Druck); O. Lummer u. E. Pringsheim, Ann. d. Phys. (3) **64**, 555, 1898 (*x*).

2. Wasser.

Die spezifische Wärme des Wassers wurde zwischen 5 und 50° bestimmt. Das Kalorimeter, das 50 Liter Wasser enthielt, erwärmte man dabei durch elektrische Energie und maß sie in internationalen Watt. Damit wurde gleichzeitig die Kalorie in Wattsekunden erhalten. In Tabelle 37 ist die spezifische Wärme des Wassers in kalorischem und in elektrischem Maße aufgeführt.

Literatur: W. Jaeger u. H. v. Steinwehr, Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1915, S. 424.

3. Feste Körper.

Die spezifische Wärme von Metallen wurde an Stäben bestimmt, die zur Ermittlung des Wärmeleitvermögens dienten; man beobachtete den Anstieg oder den Abfall der Temperatur, der nach dem Schließen oder Öffnen eines starken, den Stab durchfließenden elektrischen Stromes eintrat. Die Beobachtungen wurden bei 18° und bei 100° angestellt; der Temperaturkoeffizient der spezifischen Wärme c ist berechnet als $10^3(c_{100} - c_{18})/82\,c_0$ (Tabelle 38).

Literatur: W. Jaeger u. H. Dießelhorst, Wissensch. Abh. **3**, 269, 1900.

IV. Wasserdampf.

1. Sättigungsdruck des Wasserdampfes.

Der Sättigungsdruck des Wasserdampfes ist in mehreren Versuchsreihen von $-70°$ bis $+374°$ bestimmt worden. Die Versuche für die tiefen Temperaturen bis $+50°$ wurden nach dem statischen Verfahren angestellt, bei dem das Kippmanometer mit Spitzenablesung in mehreren verschiedenartigen Formen zur Verwendung kam; oberhalb der Zimmertemperatur wurde ein geheiztes Quecksilbermanometer benutzt. Zwischen $+50°$ und $+200°$ beobachtete man nach dem dynamischen Verfahren und kehrte alsdann wieder zum statischen zurück, bei dem der Druck bis zur kritischen Temperatur mit einer empfindlichen Druckwage gemessen werden konnte.

Vor Beginn der Versuche waren die Ergebnisse der früheren Beobachter zusammengestellt und gesichtet. Sie stimmten wenig untereinander überein und boten trotz der großen Zahl der Untersuchungen, die sich über das ganze Druckgebiet verteilten, keinen sicheren Anhalt. Es liegt dies vornehmlich an dem Mangel einer einheitlichen Temperaturmessung, dem erst später durch die Einrichtung von Eichstätten für Thermometer abgeholfen worden ist. Unsere neuen Werte des Sättigungsdruckes, die bei der Beobachtung mit dem

Platinthermometer auf wohldefinierte Fixpunkte bezogen waren, sind für die folgenden Tabellen auf die später aufgestellte Temperaturskale umgerechnet. Die dafür angebrachte Korrektion, die unter 100° nur gering ist, beträgt 0,3° im Maximum bei 370°. Zwischen zwei Versuchsreihen bestand anfangs bei 50° eine Abweichung; sie ist durch die Wiederholung der Beobachtungen zwischen 50 und 100° behoben.

Tabelle 39 und 40 geben den Sättigungsdruck des Wasserdampfes unterhalb 0° an, und zwar die eine über Eis, die andere über Wasser; Tabelle 41 bezieht sich auf das Gebiet von 0 bis 50°, während die folgende von da bis 102° reicht. Tabelle 43 geht bis zur kritischen Temperatur, welche sich zu 374° ergab. Die Einheit des Drucks bildet hier überall die Quecksilbersäule von 1 mm Höhe. Tabelle 44 und 45 enthalten nochmals die Drucke zwischen 0 und 374°, und zwar gibt die eine die Drucke in Atmosphären, die andere in kg/cm², wobei 1 kg/cm² = 735,52 mm Quecksilber gesetzt ist.

2. Latente Wärme des Wasserdampfes.

Die latente Wärme des Wasserdampfes wurde nach dem Verfahren des Verdampfens bestimmt: Elektrische Energie wurde dem Kalorimeter zugeführt und das dadurch verdampfte Wasser gewogen. Für die beiden Gebiete unterhalb oder oberhalb 100° wurde je ein besonderer Apparat benutzt. Die Ergebnisse enthält Tabelle 46 in elektrischem und kalorischem Maß.

3. Spezifisches Volumen des Wasserdampfes.

Aus dem Temperaturkoeffizienten des Sättigungsdruckes dp/dt und der Verdampfungswärme r läßt sich der Unterschied $(v_1 - v_2)$ der spezifischen Volumina des gesättigten Dampfes und der Flüssigkeit nach der thermodynamischen Beziehung

$$r = \frac{t + 273}{A}(v_1 - v_2)\frac{dp}{dt}$$

berechnen, wo das Wärmeäquivalent $A = 31\,382$, wenn die Wärmemenge in cal_{15}, das Volumen in cm³ und der Druck in mm Quecksilber gemessen wird[1]). Tabelle 47 enthält den Differentialquotienten dp/dt und Tabelle 48 das spezifische Volumen des bei $t°$ gesättigten Wasserdampfes.

Literatur: K. Scheel und W. Heuse, Ann. d. Phys. **29**, 723, 1909 und **31**, 715, 1910 (Drucke unterhalb + 50°); L. Holborn und F. Henning, ebenda **26**, 833, 1908 (Drucke zwischen 50 und 200°); L. Holborn und A. Baumann, ebenda **31**, 945, 1910 (Drucke oberhalb 200°); F. Henning, ebenda **21**, 851, 1906 und **29**, 441, 1909 (Verdampfungswärme und spezifisches Volumen); ebenda **22**, 609, 1907 (Vergleichung älterer Beobachtungen des Sättigungsdruckes).

---

[1]) 1 $cal_{15} = 4{,}184_2$ Wattsek. $= 4{,}184_2 \cdot 10^7$ Erg $= 31\,382$ cm³ . mm Hg, da 1 Dyn/cm² = 1 mm Hg/1333,3.

V. Wärmeleitung.

Für die Bestimmung der Wärmeleitung benutzte man ein Verfahren, nach dem eine stationäre Wärmeverteilung in dem von einem elektrischen Strome durchflossenen Leiter hergestellt wird. Aus den Unterschieden der elektrischen Spannung und der Temperatur an verschiedenen Punkten des gezogenen oder gegossenen Stabes ergibt sich dann unter Berücksichtigung des äußeren Wärmeleitvermögens unmittelbar das Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit zur elektrischen Leitfähigkeit. Das Verfahren ist zuerst auf Messungen bei 18 und 100° angewandt und später etwas abgeändert in einer zweiten Versuchsreihe bei — 183 und — 252° benutzt worden. Die Ergebnisse sind in Tabelle 49 und 50 enthalten; außer dem Verhältnis $\lambda/\varkappa$ von Wärmeleitfähigkeit zur elektrischen Leitfähigkeit sind in Tabelle 49 diese beiden Größen bei + 18° und + 100° nebst ihren Temperaturkoeffizienten, sowie auch die Fremdstoffe (in Prozenten) der chemisch weniger reinen Stäbe angegeben. Tabelle 50 enthält die Bestimmungen an reinen Metallen, die auch bei sehr tiefer Temperatur untersucht worden sind.

Literatur: W. Jaeger u. H. Dießelhorst, Wiss. Abh. **3**, 269, 1900 (oberhalb 0°); W. Meißner, Ann. d. Phys. **47**, 1001, 1915 (unterhalb 0°).

Tabelle 1.

Reduktion der an einem Messingmaßstabe abgelesenen Barometerstände auf 0°.

Temperatur	Abgelesener Barometerstand in mm										
	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780
0°	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13
2	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25
3	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,36	0,36	0,37	0,37	0,38	0,38
4	0,44	0,45	0,46	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50	0,50	0,51
5	0,56	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64
6	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76
7	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89
8	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,99	1,01	1,02
9	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,12	1,13	1,15
10	1,11	1,13	1,14	1,16	1,17	1,19	1,21	1,22	1,24	1,26	1,27
11	1,22	1,24	1,26	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35	1,36	1,38	1,40
12	1,33	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53
13	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65
14	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	1,78
15	1,66	1,69	1,71	1,74	1,76	1,78	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91
16	1,77	1,80	1,82	1,85	1,88	1,90	1,93	1,96	1,98	2,01	2,03
17	1,88	1,91	1,94	1,97	1,99	2,02	2,05	2,08	2,10	2,13	2,16
18	1,99	2,02	2,05	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29
19	2,10	2,13	2,17	2,20	2,23	2,26	2 29	2,32	2,35	2,38	2,41
20	2,21	2,25	2,28	2,31	2,34	2,38	2,41	2,44	2,47	2,51	2,54
21	2,32	2,36	2,39	2,43	2,46	2,50	2,53	2,56	2,60	2,63	2,67
22	2,43	2,47	2,51	2,54	2,58	2,61	2,65	2,69	2,72	2,76	2,79
23	2,54	2,58	2,62	2,66	2,69	2,73	2,77	2,81	2,84	2,88	2,92
24	2,66	2,69	2,73	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05
25	2,77	2,81	2,85	2,89	2,93	2,97	3,01	3,05	3,09	3,13	3,17
26	2,88	2,92	2,96	3,00	3,04	3,09	3,13	3,17	3,21	3,26	3,30
27	2,99	3,03	3,07	3,12	3,16	3,20	3,25	3,29	3,34	3,38	3,42
28	3,10	3,14	3,19	3,23	3,28	3,32	3,37	3,41	3,46	3,51	3,55
29	3,21	3,25	3,30	3,35	3,39	3,44	3,49	3,54	3,58	3,63	3,68
30	3,32	3,36	3,41	3,46	3,51	3,56	3,61	3,66	3,71	3,75	3,80
31	3,43	3,48	3,53	3,58	3,63	3,68	3,73	3,78	3,83	3,88	3,93
32	3,54	3,59	3,64	3,69	3,74	3,79	3,85	3,90	3,95	4,00	4,05
33	3,64	3,70	3,75	3,81	3,86	3,91	3,97	4,02	4,07	4,13	4,18
34	3,75	3,81	3,87	3,92	3,98	4,03	4,09	4,14	4,20	4,25	4,31

Tabelle 2.

Siedepunkt des Wassers bei dem Barometerstande p.

p mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
680	96, 916°	,956	,996	*,037	*,077	*,117	*,157	*,197	*,237	*,277
690	97, 317	,357	,397	,437	,477	,516	,556	,596	,635	,675
700	97, 714	,754	,793	,832	,872	,911	,950	,989	*,028	*,067
710	98, 106	,145	,184	,223	,262	,301	,339	,378	,417	,455
720	98, 494	,532	,571	,609	,648	,686	,724	,762	,801	,839
730	98, 877	,915	,953	,991	*,029	*,067	*,105	*,142	*,180	*,218
740	99, 255	,293	,331	,368	,406	,443	,481	,518	,555	,593
750	99, 630	,667	,704	,741	,778	,815	,852	,889	,926	,963
760	100, 000	,037	,073	,110	,147	,184	,220	,257	,293	,330
770	100, 366	,402	,439	,475	,511	,547	,584	,620	,656	,692
780	100, 728	,764	,800	,836	,872	,908	,944	,980	*,016	*,051
790	101, 087	,122	,158	,194	,229	,265	,300	,335	,371	,406

Tabelle 3.

Siedepunkt des Schwefels bei dem Barometerstande p.

p mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
680	43 6,985°	7,083	7,182	7,280	7,378	7,476	7,573	7,671	7,769	7,866
690	43 7,964	8,061	8,158	8,255	8,352	8,449	8,546	8,643	8,740	8,836
700	43 8,933	9,029	9,125	9,222	9,318	9,414	9,510	9,606	9,701	9,797
710	43 9,893	9,988	*0,083	*0,179	*0,274	*0,369	*0,464	*0,559	*0,653	*0,748
720	44 0,843	0,937	1,032	1,126	1,220	1,314	1,408	1,502	1,596	1,690
730	44 1,784	1,877	1,971	2,064	2,157	2,251	2,344	2,437	2,530	2,622
740	44 2,715	2,808	2,900	2,993	3,085	3,177	3,270	3,362	3,454	3,546
750	44 3,637	3,729	3,821	3,912	4,004	4,095	4,186	4,277	4 368	4,459
760	44 4,550	4,641	4,731	4,822	4,912	5,003	5,093	5,183	5,273	5,363
770	44 5,453	5,543	5,633	5,722	5,812	5,901	5,991	6,080	6,169	6,258
780	44 6,347	6,436	6,525	6,614	6,702	6,791	6,879	6,967	7,056	7,144
790	44 7,232	7,320	7,407	7,495	7,583	7,670	7,758	7,845	7,933	8,020

Tabelle 4.

Siedepunkt der Kohlensäure bei dem Barometerstande p.

p mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
680	− 79, 846°	,829	,811	,794	,776	,758	,741	,723	,706	,688
690	− 79, 670	653	636	618	601	584	566	549	531	514
700	− 79, 497	479	462	445	428	411	394	376	359	342
710	− 79, 325	308	291	274	257	240	223	206	189	173
720	− 79, 156	139	122	105	089	072	055	039	022	005
730	− 78, 988	972	955	939	922	906	889	873	856	840
740	− 78, 823	807	791	775	758	742	726	709	693	677
750	− 78, 661	645	628	612	596	580	564	548	532	516
760	− 78, 500	484	468	452	437	421	405	389	373	357
770	− 78, 342	326	310	295	279	264	248	232	217	201
780	− 78, 185	170	155	139	124	108	093	078	062	047
790	− 78, 031	016	001	*986	*971	*956	*940	*925	*910	*895
800	− 77, 880	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 5.

Siedepunkt des Sauerstoffs bei dem Barometerstande p.

p mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
680	− 184, 057°	,043	,029	,016	.002	*,988	*,974	*,961	*,947	*,933
690	− 183, 919	906	892	878	865	851	838	824	810	797
700	− 183, 783	770	756	743	729	716	703	689	676	662
710	− 183, 649	635	622	609	596	582	569	556	542	529
720	− 183, 516	503	490	476	463	450	437	424	411	398
730	− 183, 385	372	359	346	333	320	307	294	281	268
740	− 183, 255	242	229	216	203	191	178	165	152	139
750	− 183, 127	114	101	089	076	063	051	038	025	013
760	− 183, 000	*987	*975	*962	*950	*937	*925	*912	*900	*887
770	− 182, 875	863	850	838	826	813	801	789	776	764
780	− 182, 752	739	727	715	703	691	678	666	654	642
790	− 182, 630	618	606	594	582	570	558	546	533	521
800	− 182, 509	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 6.

Mutterteilungen für Flüssigkeitsthermometer.

Die Zahlen der Tabellen bedeuten die Entfernungen zwischen den Teilstrichen 0^0 und t^0 eines Thermometers mit vollkommen zylindrischem Kaliber, wobei als Einheit bei den Quecksilberthermometern der hundertste Teil der Entfernung zwischen den Teilstrichen 0^0 (Eispunkt) und 100^0 (normaler Wassersiedepunkt), bei den Pentan-, Toluol- und Alkoholthermometern der 78,5te Teil der Entfernung zwischen den Teilstrichen $78{,}5^0$ (normaler Kohlensäuresiedepunkt) und 0^0 dient. Die Zahlen gelten für Stabthermometer, und zwar bis 100^0 für gasleere, zwischen 100^0 und 300^0 für gasleere oder schwach gashaltige ($^1/_4$ bis $^1/_2$ Atm.) und oberhalb 300^0 für unter Druck (15 bis 30 Atm.) gefüllte Thermometer; Einschlußthermometer können ein etwas abweichendes Verhalten zeigen, das mit der Natur und der Befestigungsart des Teilungsträgers wechselt.

a) Quecksilberthermometer.

t	Jenaer Gläser				Gege-Eff-Glas (Ilmenau)	t	Jenaer Gläser			Gege-Eff-Glas (Ilmenau)
	16^{III}	59^{III}	1565^{III}	Verbrennungsröhren			59^{III}	1565^{III}	Verbrennungsröhren	
-30^0	$-30{,}28^0$	$-30{,}13^0$	—	—	—	340^0	$347{,}2^0$	$345{,}9^0$	$347{,}8^0$	$344{,}3^0$
-20	$-20{,}16$	$-20{,}07$	—	—	—	350	358,0	356,6	358,6	354,9
-10	$-10{,}07$	$-10{,}03$	—	—	—	360	368,8	367,3	369,5	365,5
0	0,00	0,00	$0{,}00^0$	$0{,}00^0$	$0{,}00^0$	370	379,7	378,1	380,4	376,1
$+10$	$+10{,}06$	$+10{,}02$	$+10{,}03$	—	$+10{,}05$	380	390,6	388,9	391,4	386,8
20	20,09	20,04	20,05	—	20,09	390	401,6	400,7	402,4	397,5
30	30,11	30,04	30,06	—	30,11	400	412,6	410,5	413,5	408,2
40	40,12	40,03	40,06	—	40,11	410	423,7	421,4	424,7	419,0
50	50,12	50,03	50,05	—	50,11	420	434,9	432,4	435,9	430,0
60	60,10	60,02	60,04	—	60,10	430	446,1	443,5	447,2	441,1
70	70,08	70,01	70,03	—	70,08	440	457,4	454,7	458,6	452,3
80	80,06	80,00	80,02	—	80,05	450	468,8	465,9	470,0	463,7
90	90,03	89,98	90,01	—	90,02	460	480,2	477,2	481,5	—
100	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	470	491,7	488,6	493,1	—
110	109,98	110,02	109,97	—	110,0	480	503,3	500,0	504,8	—
120	119,97	120,05	119,94	—	120,0	490	515,0	511,5	516,6	—
130	129,97	130,10	129,94	—	129,9	500	526,9	523,1	528,4	—
140	139,98	140,16	139,97	—	139,9	510	—	535	540	—
150	149,99	150,23	150,04	—	149,9	520	—	547	552	—
160	160,02	160,31	160,13	—	159,9	530	—	558	564	—
170	170,07	170,40	170,23	—	170,0	540	—	570	577	—
180	180,12	180,52	180,38	—	180,1	550	—	582	589	—
190	190,19	190,66	190,59	—	190,2	560	—	594	601	—
200	200,29	200,84	200,90	201,13	200,3	570	—	607	—	—
210	210,4	211,0	211,1	211,4	210,4	580	—	619	—	—
220	220,5	221,3	221,3	221,6	220,5	590	—	631	—	—
230	230,7	231,6	231,5	231,9	230,6	600	—	644	—	—
240	240,9	241,9	241,8	242,2	240,8	610	—	657	—	—
250	251,1	252,2	252,1	252,6	250,9	620	—	670	—	—
260	261,4	262,6	262,4	263,0	261,1	630	—	682	—	—
270	271,7	273,0	272,7	273,5	271,3	640	—	695	—	—
280	282,0	283,4	283,1	284,0	281,6	650	—	708	—	—
290	292,4	293,9	293,5	294,5	292,0	660	—	722	—	—
300	302,7	304,4	303,9	305,1	302,4	670	—	735	—	—
310	—	315,1	314,3	315,7	312,8	680	—	748	—	—
320	—	325,8	324,8	326,4	323,3	690	—	761	—	—
330	—	336,5	335,3	337,1	333,8	700	—	775	—	—

Tabelle 6 (Fortsetzung).

Für Einschlußthermometer mit einem Teilungsträger aus gewöhnlichem Milchglas, der sich nach oben frei ausdehnen kann (z. B. Fueßsche Skalenbefestigung), ändern sich die Entfernungen zwischen 0 und t^0 um folgende Beträge:

t	Glas 16^{III}	Glas 59^{III}	t	Glas 16^{III}	Glas 59^{III}
0^0	$0{,}00^0$	$0{,}00^0$	300^0	$-0{,}07^0$	$-0{,}21^0$
50	0,00	+ 0,01	350	− 0,10	− 0,32
100	0,00	0,00	400	− 0,14	− 0,44
150	− 0,01	− 0,02	450	—	− 0,60
200	− 0,02	− 0,07	500	—	− 0,77
250	− 0,04	− 0,13			

Die Entfernung zwischen 0 und 400^0 beträgt also z. B. für Glas 59^{III} 412,6 — 0,4 = 412,2 Einheiten der obigen Tabelle.

Für Einschlußthermometer aus Gege-Eff-Glas können die für Glas 16^{III} aufgeführten Korrektionen benutzt werden.

b) Pentan-, Toluol- und Alkoholthermometer aus Jenaer Glas 16^{III}.

t	Pentan	Toluol	Alkohol	t	Pentan	Toluol	Alkohol
-200^0	$-174{,}2^0$	—	—	-70^0	$-71{,}0^0$	$-70{,}4^0$	$-70{,}3^0$
− 190	− 166,6	—	—	− 60	− 62,0	− 60,8	− 60,6
− 180	− 159,0	—	—	− 50	− 52,6	− 51,1	− 50,7
− 170	− 151,4	—	—	− 40	− 43,0	− 41,2	− 40,9
− 160	− 143,8	—	—	− 30	− 32,9	− 31,2	− 30,9
− 150	− 136,1	—	—	− 20	− 22,4	− 21,0	− 20,8
− 140	− 128,4	—	—	− 10	− 11,5	− 10,6	− 10,5
− 130	− 120,6	—	—	0	0,0	0,0	0,0
− 120	− 112,7	—	—	+ 10	+ 12,0	—	—
− 110	− 104,7	—	—	+ 20	+ 24,4	—	—
− 100	− 96,6	—	—	+ 30	+ 37,6	—	+ 33,6
− 90	− 88,3	—	—	+ 100	—	+ 124,4	—
− 80	− 79,8	—	—				
− 78,5	− 78,5	− 78,5°	− 78,5°				

Tabelle 7.

Reduktion der Platintemperatur.

a) $t - t_p$ für $\delta = 1{,}50$ (vgl. S. 7 u. 13).

t_p	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
− 30°	+ 0,571	0,594	0,618	0,642	0,666	0,691	0,716	0,741	0,766	0,792
− 20	0,353	0,374	0,395	0,416	0,437	0,459	0,481	0,502	0,525	0,548
− 10	0,162	0,180	0,198	0,216	0,235	0,254	0,273	0,293	0,313	0,333
− 0	0,000	0,015	0,030	0,046	0,062	0,078	0,094	0,111	0,128	0,145
+ 0	− 0,000	0,015	0,029	0,043	0,057	0,070	0,083	0,096	0,109	0,121
10	− 0,133	0,145	0,157	0,168	0,179	0,189	0,200	0,210	0,219	0,229
20	− 0,238	0,247	0,255	0,263	0,271	0,279	0,286	0,293	0,300	0,307
30	− 0,313	0,319	0,325	0,330	0,335	0,340	0,344	0,348	0,352	0,356
40	− 0,359	0,362	0,365	0,367	0,369	0,371	0,372	0,373	0,374	0,375
50	− 0,375	0,375	0,375	0,375	0,373	0,372	0,370	0,368	0,366	0,364
60	− 0,361	0,358	0,355	0,351	0,347	0,343	0,338	0,333	0,328	0,323
70	− 0,317	0,311	0,304	0,297	0,290	0,283	0,275	0,267	0,259	0,251
80	− 0,242	0,233	0,224	0,214	0,204	0,193	0,183	0,172	0,161	0,149
90	− 0,137	0,125	0,112	0,099	0,086	0,072	0,058	0,044	0,030	0,015
100	+ 0,000	0,015	0,031	0,047	0,063	0,080	0,097	0,114	0,132	0,150
110	0,168	0,186	0,205	0,224	0,244	0,264	0,284	0,304	0,325	0,346
120	0,368	0,389	0,411	0,434	0,457	0,480	0,503	0,526	0,550	0,575
130	0,599	0,624	0,650	0,675	0,701	0,727	0,754	0,781	0,808	0,836
140	0,863	0,891	0,920	0,949	0,978	1,008	1,037	1,067	1,098	1,129
150	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,32	1,36	1,39	1,42	1,46
160	1,49	1,53	1,56	1,60	1,63	1,67	1,70	1,74	1,78	1,81
170	1,85	1,89	1,93	1,97	2,01	2,05	2,09	2,13	2,17	2,21
180	2,25	2,29	2,33	2,38	2,42	2,46	2,51	2,55	2,59	2,63
190	2,68	2,73	2,77	2,82	2,86	2,91	2,96	3,00	3,05	3,09
200	3,14	3,19	3,24	3,29	3,34	3,39	3,44	3,49	3,54	3,59
210	3,64	3,69	3,75	3,80	3,86	3,91	3,96	4,02	4,07	4,13
220	4,18	4,24	4,29	4,35	4,41	4,46	4,52	4,58	4,64	4,69
230	4,75	4,81	4,87	4,93	4,99	5,05	5,11	5,17	5,23	5,29
240	5,35	5,41	5,48	5,54	5,61	5,67	5,73	5,80	5,86	5,93
250	5,99	6,06	6,13	6,19	6,26	6,33	6,40	6,47	6,53	6,60
260	6,67	6,74	6,81	6,88	6,95	7,02	7,10	7,17	7,24	7,31
270	7,38	7,45	7,53	7,60	7,68	7,75	7,83	7,90	7,98	8,05
280	8,13	8,21	8,29	8,37	8,45	8,53	8,60	8,68	8,76	8,84
290	8,92	9,00	9,09	9,17	9,25	9,34	9,42	9,50	9,58	9,67

Tabelle 7 (Fortsetzung). a) $t - t_p$ für $\delta = 1{,}50$ (vgl. S. 7 u. 13).

t_p	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
300°	9,75	9,84	9,92	10,01	10,09	10,18	10,27	10,35	10,44	10,52
310	10,61	10,70	10,79	10,88	10,97	11,06	11,15	11,24	11,33	11,42
320	11,51	11,61	11,70	11,80	11,89	11,99	12,08	12,18	12,27	12,37
330	12,46	12,56	12,66	12,75	12,85	12,95	13,05	13,15	13,24	13,34
340	13,44	13,54	13,64	13,75	13,85	13,95	14,05	14,15	14,26	14,36
350	14,46	14,57	14,67	14,78	14,88	14,99	15,10	15,20	15,31	15,41
360	15,52	15,63	15,74	15,85	15,96	16,07	16,18	16,29	16,40	16,51
370	16,62	16,74	16,85	16,97	17,08	17,20	17,31	17,43	17,54	17,66
380	17,77	17,89	18,01	18,12	18,24	18,36	18,48	18,60	18,71	18,83
390	18,95	19,07	19,20	19,32	19,44	19,57	19,69	19,81	19,93	20,06
400	20,18	20,31	20,43	20,56	20,69	20,82	20,94	21,07	21,20	21,32
410	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24	22,37	22,51	22,64
420	22,77	22,91	23,04	23,18	23,31	23,45	23,59	23,72	23,86	23,99
430	24,13	24,27	24,41	24,55	24,69	24,83	24,97	25,11	25,25	25,39
440	25,53	25,67	25,82	25,96	26,11	26,25	26,39	26,54	26,68	26,83
450	26,97	27,12	27,27	27,42	27,57	27,72	27,86	28,01	28,16	28,31
460	28,46	28,61	28,77	28,92	29,08	29,23	29,38	29,54	29,69	29,85
470	30,00	30,16	30,32	30,47	30,63	30,79	30,95	31,11	31,26	31,42
480	31,58	31,74	31,91	32,07	32,23	32,39	32,56	32,72	32,88	33,05
490	33,21	33,38	33,55	33,71	33,88	34,05	34,22	34,39	34,55	34,72

t_p	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
500°	34,89	36,62	38,40	40,22	42,10	44,03	46,00	48,03	50,11	52,24
600	54,43	56,67	58,97	61,32	63,73	66,20	68,73	71,32	73,96	76,67
700	79,44	82,27	85,17	88,13	91,16	94,26	97,42	100,65	103,95	107,32
800	110,76	114,28	117,87	121,54	125,28	129,11	133,01	137,00	141,07	145,23

b) $\frac{d(t-t_p)}{10\,d\,\delta}$ in der Nähe von $\delta = 1{,}5$.

t_p	$\frac{d(t-t_p)}{10\,d\,\delta}$	t_p	$\frac{d(t-t_p)}{10\,d\,\delta}$	t_p	$\frac{d(t-t_p)}{10\,d\,\delta}$	t_p	$\frac{d(t-t_p)}{10\,d\,\delta}$
− 40°	+ 0,054°	+ 20°	− 0,016°	+ 180°	+ 0,160°	+ 550°	+ 3,50°
− 20	+ 0,023	40	− 0,023	200	0,218	600	4,43
0	0,000	60	− 0,023	250	0,426	650	5,51
—	—	80	− 0,016	300	0,705	700	6,77
—	—	100	0,000	350	1,065	750	8,23
—	—	120	+ 0,026	400	1,512	800	9,93
—	—	140	0,059	450	2,062	850	11,90
—	—	160	0,103	500	2,72	900	14,19

Tabelle 8.

Widerstandsverhältnis R/R_0 von Platin und Blei unter 0°.

t	Platin	Blei	t	Platin	Blei
0°	1,000 00	1,0000	− 50°	0,799 89	0,8002
− 1	0,996 02	0,9959	− 51	0,795 86	0,7963
− 2	0,992 04	0,9919	− 52	0,791 82	0,7924
− 3	0,988 06	0,9878	− 53	0,787 78	0,7885
− 4	0,984 08	0,9838	− 54	0,783 74	0,7845
− 5	0,980 10	0,9797	− 55	0,779 70	0,7806
− 6	0,976 12	0,9757	− 56	0,775 66	0,7767
− 7	0,972 14	0,9717	− 57	0,771 61	0,7728
− 8	0,968 16	0,9676	− 58	0,767 56	0,7689
− 9	0,964 18	0,9636	− 59	0,763 52	0,7650
− 10	0,960 20	0,9596	− 60	0,759 47	0,7611
− 11	0,956 22	0,9555	− 61	0,755 42	0,7572
− 12	0,952 24	0,9515	− 62	0,751 37	0,7533
− 13	0,948 26	0,9475	− 63	0,747 31	0,7494
− 14	0,944 27	0,9434	− 64	0,743 25	0,7455
− 15	0,940 28	0,9394	− 65	0,739 19	0,7416
− 16	0,936 29	0,9354	− 66	0,735 13	0,7377
− 17	0,932 30	0,9314	− 67	0,731 07	0,7339
− 18	0,928 31	0,9274	− 68	0,727 01	0,7300
− 19	0,924 32	0,9234	− 69	0,722 95	0,7261
− 20	0,920 33	0,9193	− 70	0,718 88	0,7222
− 21	0,916 33	0,9153	− 71	0,714 81	0,7184
− 22	0,912 33	0,9113	− 72	0,710 74	0,7145
− 23	0,908 33	0,9073	− 73	0,706 67	0,7106
− 24	0,904 33	0,9033	− 74	0,702 60	0,7068
− 25	0,900 33	0,8993	− 75	0,698 53	0,7029
− 26	0,896 33	0,8953	− 76	0,694 45	0,6991
− 27	0,892 33	0,8913	− 77	0,690 37	0,6952
− 28	0,888 33	0,8874	− 78	0,686 29	0,6913
− 29	0,884 32	0,8834	− 79	0,682 21	0,6875
− 30	0,880 31	0,8794	− 80	0,678 13	0,6836
− 31	0,876 30	0,8754	− 81	0,674 04	0,6798
− 32	0,872 29	0,8714	− 82	0,669 95	0,6759
− 33	0,868 28	0,8675	− 83	0,665 86	0,6721
− 34	0,864 27	0,8635	− 84	0,661 77	0,6682
− 35	0,860 26	0,8595	− 85	0,657 68	0,6644
− 36	0,856 25	0,8555	− 86	0,653 59	0,6605
− 37	0,852 24	0,8516	− 87	0,649 49	0,6567
− 38	0,848 23	0,8476	− 88	0,645 40	0,6529
− 39	0,844 21	0,8436	− 89	0,641 31	0,6490
− 40	0,840 19	0,8397	− 90	0,637 21	0,6452
− 41	0,836 17	0,8357	− 91	0,633 11	0,6414
− 42	0,832 14	0,8318	− 92	0,629 01	0,6376
− 43	0,828 11	0,8278	− 93	0,624 91	0,6337
− 44	0,824 08	0,8234	− 94	0,620 80	0,6299
− 45	0,820 05	0,8199	− 95	0,616 69	0,6261
− 46	0,816 02	0,8160	− 96	0,612 58	0,6223
− 47	0,811 98	0,8120	− 97	0,608 46	0,6185
− 48	0,807 95	0,8081	− 98	0,604 34	0,6146
− 49	0,803 92	0,8042	− 99	0,600 22	0,6108

Tabelle 8 (Fortsetzung).

t	Platin	Blei	t	Platin	Blei
-100^0	0,596 10	0,6070	-150^0	0,387 55	0,4182
-101	0,591 98	0,6032	-151	0,383 30	0,4145
-102	0,587 86	0,5994	-152	0,379 05	0,4108
-103	0,583 74	0,5956	-153	0,374 80	0,4071
-104	0,579 62	0,5918	-154	0,370 55	0,4033
-105	0,575 50	0,5879	-155	0,366 29	0,3996
-106	0,571 38	0,5841	-156	0,362 03	0,3959
-107	0,567 26	0,5803	-157	0,357 77	0,3922
-108	0,563 13	0,5765	-158	0,353 51	0,3885
-109	0,559 00	0,5727	-159	0,349 25	0,3848
-110	0,554 87	0,5689	-160	0,344 98	0,3810
-111	0,550 73	0,5651	-161	0,340 71	0,3773
-112	0,546 59	0,5613	-162	0,336 44	0,3736
-113	0,542 45	0,5575	-163	0,332 16	0,3699
-114	0,538 31	0,5537	-164	0,327 88	0,3662
-115	0,534 17	0,5499	-165	0,323 60	0,3625
-116	0,530 03	0,5461	-166	0,319 32	0,3588
-117	0,525 89	0,5424	-167	0,315 03	0,3551
-118	0,521 74	0,5386	-168	0,310 74	0,3514
-119	0,517 59	0,5348	-169	0,306 45	0,3477
-120	0,513 44	0,5310	-170	0,302 16	0,3440
-121	0,509 29	0,5272	-171	0,297 87	0,3403
-122	0,505 13	0,5234	-172	0,293 58	0,3366
-123	0,500 97	0,5196	-173	0,289 29	0,3330
-124	0,496 80	0,5159	-174	0,285 00	0,3293
-125	0,492 63	0,5121	-175	0,280 70	0,3256
-126	0,488 46	0,5083	-176	0,276 40	0,3219
-127	0,484 29	0,5045	-177	0,272 10	0,3182
-128	0,480 12	0,5008	-178	0,267 79	0,3145
-129	0,475 94	0,4970	-179	0,263 48	0,3109
-130	0,471 76	0,4932	-180	0,259 17	0,3072
-131	0,467 58	0,4894	-181	0,254 86	0,3035
-132	0,463 40	0,4857	-182	0,250 55	0,2999
-133	0,459 21	0,4819	-183	0,246 24	0,2962
-134	0,455 02	0,4782	-184	0,241 92	0,2925
-135	0,450 83	0,4744	-185	0,237 60	0,2889
-136	0,446 63	0,4706	-186	0,233 28	0,2852
-137	0,442 43	0,4669	-187	0,228 95	0,2816
-138	0,438 23	0,4631	-188	0,224 62	0,2779
-139	0,434 03	0,4594	-189	0,220 29	0,2742
-140	0,429 82	0,4556	-190	0,215 95	0,2706
-141	0,425 61	0,4519	-191	0,211 61	0,2669
-142	0,421 40	0,4481	-192	0,207 27	0,2633
-143	0,417 18	0,4444	-193	0,202 92	0,2596
-144	0,412 95	0,4406			
-145	0,408 72	0,4369			
-146	0,404 49	0,4332			
-147	0,400 26	0,4294			
-148	0,396 03	0,4257			
-149	0,391 79	0,4220			

Tabelle 9.

Widerstandsverhältnis R/R_0 gezogener Metalle.

Metall	Anlaß-temp.	−192°	−78°	+100°	+200°	+300°	+400°	+500°
Fe I	500°	0,1003	0,5800	1,6572	2,4726	3,4897	4,6536	6,041
Fe II . . .	380	0,0878	0,5794	1,6476	—	3,4738	—	—
Ni I[1]) . . .	—	0,1136	0,5812	1,6657	2,5115	—	—	—
Ni II[2]). . .	500	0,2985	0,6700	1,5210	2,1777	3,0423	4,0822	4,526
W I	(2500)	0,1563	0,6524	1,4645	1,9574	2,4793	3,0256	—
Al III[2]) . .	250	0,1443	0,6464	1,4469	1,8919	—	—	—
Bi	200	0,3561	0,7147	1,4456	2,0714	—	—	—
Al IV[2]) . .	250	0,1483	0,6493	1,4449	—	—	—	—
Rh	600	0,1619	0,6597	1,4428	1,9032	2,3816	2,8876	3,414
Al IV[2]) . .	300	0,1556	0,6511	1,4423	1,8903	2,3462	—	—
Mo II . . .	500	0,1931	0,6668	1,4350	1,8846	2,3487	2,8254	—
Cu	380	0,1475	0,6603	1,4331	1,8659	2,3082	—	—
Cu	500	0,1502	0,6602	1,4313	1,8657	2,3075	2,7598	3,225
Al V . . .	250	0,1731	0,6635	1,4255	1,8540	—	—	—
Al V′ . . .	250	0,1745	0,6634	1,4254	—	—	—	—
Cd	220	0,2534	0,6929	1,4236	1,8858	—	—	—
Pb	200	0,2634	0,6911	1,4221	1,8769	2,3786	—	—
Zn	200	0,2200	0,6862	1,4146	1,8556	2,3407	—	—
Al V . . .	500	0,2032	0,6747	1,4120	1,8285	—	—	—
Mo I[2]) . . .	500	0,2365	0,6855	1,4100	1,8334	2,2702	2,7161	3,169
Ag	500	0,2071	0,6841	1,4098	1,8293	2,2626	2,7102	3,168
Al IV . . .	600	0,2153	0,6774	1,4096	1,8202	2,2442	2,6931	—
Au	500	0,2375	0,6955	1,3982	1,8087	2,2350	2,6798	3,144
Ir[2])	600	0,2254	0,6938	1,3934	1,7945	2,1965	2,6308	3,070
Pt	800	0,2060	0,6860	1,3920	1,7724	2,1412	2,4984	2,844
Pd I . . .	500	0,1874	0,6855	1,3770	1,7281	2,0583	2,3678	—
Pd II . . .	500	0,1970	0,6897	1,3726	1,7221	2,0501	2,3574	2,642
Ta	(2200)	0,2955	0,7304	1,3468	1,6606	—	—	—

[1]) Gegossen.
[2]) Weniger reine Metalle.

Tabelle 10.

Mittlerer Widerstandskoeffizient gezogener Metalle.

$100\,(R_2 - R_1)/(t_2 - t_1)\,R_0$.

Metall	Anlaß-temp.	−135°	−39°	+50°	+150°	+250°	+350°	+450°
Fe I	500°	0,4247	0,5322	0,6572	0,8330	1,0228	1,1817	1,4065
Fe II . . .	380	0,4311	0,5392	0,6476	—	—	—	—
Ni I [1]) . . .	—	0,4101	0,5812	0,6657	0,8454	—	—	—
Ni II [2]) . .	500	0,3257	0,4230	0,5210	0,6552	0,8626	1,0597	0,4410
W I	(2500)	0,4350	0,4453	0,4645	0,4926	0,5355	0,5468	—
Al III [2]) . .	250	0,4404	0,4533	0,4469	0,4450	—	—	—
Bi	200	0,3126	0,3685	0,4456	0,6266	—	—	—
Al IV [2]) . .	250	0,4397	0,4495	0,4449	—	—	—	—
Rh	600	0,4367	0,4362	0,4428	0,4599	0,4800	0,5078	0,5278
Al IV [2]) . .	300	0,4354	0,4473	0,4423	0,4476	0,4562	—	—
Mo II . . .	500	0,4154	0,4271	0,4350	0,4495	0,4641	0,4778	—
Cu	380	0,4496	0,4355	0,4331	0,4328	0,4423	—	—
Cu	500	0,4473	0,4357	0,4313	0,4344	0,4421	0,4526	0,4657
Al V . . .	250	0,4302	0,4314	0,4255	0,4285	—	—	—
Al V′ . . .	250	0,4289	0,4315	0,4255	—	—	—	—
Cd	220	0,3856	0,3937	0,4236	0,4622	—	—	—
Pb	200	0,3749	0,3963	0,4222	0,4545	0,5022	—	—
Zn	200	0,4091	0,4021	0,4126	0,4409	0,4849	—	—
Al V . . .	500	0,4135	0,4171	0,4120	0,4165	—	—	—
Mo I [2]) . . .	500	0,3937	0,4031	0,4100	0,4233	0,4371	0,4464	0,4530
Ag	500	0,4185	0,4050	0,4098	0,4196	0,4344	0,4487	—
Al IV [2]) . .	600	0,4052	0,4135	0,4096	0,4252	0,4252	0,4495	0,5245
Au	500	0,4020	0,3903	0,3982	0,4104	0,4283	0,4452	0,4651
Ir [2])	600	0,4110	0,3926	0,3924	0,4012	0,4034	0,4359	0,4393
Pt	800	0,4211	0,4026	0,3920	0,3804	0,3688	0,3572	0,3456
Pd I	500	0,4339	0,4031	0,3770	0,3511	0,3302	0,3092	—
Pd II . . .	500	0,4322	0,3979	0,3726	0,3495	0,3273	0,3067	0,2851
Ta	(2200)	0,3796	0,3455	0,3468	0,3149	—	—	—

[1]) Gegossen.
[2]) Weniger reine Metalle.

Tabelle 11.

Widerstandsverhältnis R/R_{-192} gezogener Metalle.

Metall	Anlaß-temp.	−78°	0°	+100°	+200°	+300°	+400°	+500°
Fe II . . .	380°	6,599	11,39	18,76	—	39,56	—	—
Fe I	500	5,783	9,97	16,52	24,65	34,79	46,40	60,23
Ni I [1]) . . .	—	5,116	8,80	14,66	22,10	—	—	—
Ni II [2]) . .	500	2,245	3,350	5,096	7,296	10,19	13,68	15,16
Al III [2]) . .	250	4,480	6,930	10,027	13,11	—	—	—
Cu	380	4,477	6,780	9,716	12,650	15,65	—	—
Al IV [2]) . .	250	4,378	6,743	9,743	—	—	—	—
Cu	500	4,396	6,658	9,529	12,422	15,36	18,37	21,47
W I	(2500)	4,174	6,398	9,370	12,523	15,86	18,92	—
Al IV [2]) . .	300	4,184	6,427	9,269	12,148	15,08	—	—
Rh	600	4,075	6,176	8,912	11,755	14,70	17,84	21,09
Al V . . .	250	3,833	5,777	8,235	10,711	—	—	—
Al V′ . . .	250	3,802	5,731	8,168	—	—	—	—
Mo II . . .	500	3,453	5,179	7,431	9,760	12,16	14,63	—
Al V . . .	500	3,320	4,921	6,949	8,999	—	—	—
Ag	500	3,303	4,829	6,807	8,833	10,92	13,09	15,30
Al IV [2]) . .	600	3,146	4,645	6,547	—	—	—	—
Zn	200	3,119	4,545	6,430	8,434	10,64	—	—
Ir [2])	600	3,078	4,437	6,182	7,961	9,74	11,67	13,62
Mo I [2]) . . .	500	2,898	4,228	5,960	7,753	9,60	11,48	13,40
Au	500	2,928	4,211	5,887	7,616	9,41	11,28	13,24
Cd	220	2,734	3,946	5,618	7,442	—	—	—
Pb	200	2,624	3,796	5,399	7,126	9,03	—	—
Bi	200	2,007	2,808	4,060	5,817	—	—	—
Pd I	500	3,658	5,336	7,348	9,221	10,98	12,63	—
Pd II . . .	500	3,501	5,076	6,967	8,742	10,41	11,97	13,41
Pt	800	3,330	4,854	6,757	8,604	10,39	12,13	13,81
Ta	(2200)	2,472	3,384	4,558	5,620	—	—	—

[1]) Gegossen.
[2]) Weniger reine Metalle.

Tabelle 12. **Thermokraft gebräuchlicher Thermoelemente in Millivolt.**

Die eine Lötstelle befindet sich auf t^0, die andere auf 0^0; der Strom fließt an der wärmeren Lötstelle vom ersten zum zweiten Metall.

t	Pt—Ir	Pt—Rh	Pd—Pt	Pt— 90 Pt, 10 Rh	Pt— 90 Pt, 10 Ru	Pt— 90 Pt, 10 Pd	90 Ir, 10 Ru —Ir	Pt—Ag	Pt—Au	Pt—Cu	Ni—Pt	Ni—Fe	Ni—Wo
-185^0	0,283	0,235	0,774	—	0,534	0,106	—	0,160	0,166	—	—	—	—
− 80	0,320	0,312	0,392	—	0,388	0,087	—	0,302	0,315	—	—	—	—
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00	0,000	0,000	0,00	0,00	0,0	0,00
+ 100	0,65	0,64	0,57	0,64	0,33	0,25	—	0,72	0,75	0,76	1,50	—	2,43
200	1,49	1,54	1,23	1,42	1,59	0,62	—	1,73	1,79	1,82	3,07	—	5,45
300	2,47	2,58	1,99	2,29	2,55	1,03	—	2,96	3,04	3,13	4,43	9,2	8,73
400	3,550	3,78	2,82	3,21	3,58	1,48	—	4,47	4,50	4,64	5,10	10,7	11,68
500	4,78	5,12	3,84	4,17	4,65	1,95	—	6,26	6,17	6,39	5,55	11,8	14,78
600	6,10	6,58	5,03	5,18	5,74	2,42	—	8,25	7,96	8,26	6,11	13,1	18,36
700	7,56	8,19	6,41	6,23	6,86	2,88	—	10,60	9,95	—	6,86	14,9	22,67
800	9,12	9,93	7,98	7,31	8,01	3,35	—	13,17	12,10	—	7,69	17,2	27,36
900	10,80	11,80	9,72	8,43	9,20	3,83	—	15,99	14,40	—	8,61	19,5	—
1000	12,59	13,77	11,63	9,56	10,41	4,30	2,45	—	16,85	—	9,59	21,5	—
1100	14,48	15,88	13,70	10,72	11,64	4,78	2,73	—	—	—	10,71	23,7	—
1200	16,47	18,11	15,89	11,89	12,90	5,25	3,00	—	—	—	—	—	—
1300	18,47	20,34	18,12	13,07	14,14	—	3,24	—	—	—	—	—	—
1400	20,48	22,65	20,41	14,26	15,36	—	3,47	—	—	—	—	—	—
1500	22,50	25,00	22,74	15,45	16,58	—	3,68	—	—	—	—	—	—
1600	—	—	—	16,63	—	—	3,87	—	—	—	—	—	—
1700	—	—	—	17,81	—	—	4,04	—	—	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	4,19	—	—	—	—	—	—

Tabelle 12 (Fortsetzung).

t	Ni—Kohle	Ni— 35 Ni, 65 Fe	Ni— 66 Ni, 34 Fe	Ni— 84,6 Ni, 12,4 Cr Rest meist Fe	Ni— 62,6 Ni, 10,3 Cr Rest meist Fe	Ta—W	Konstantan —Ag	Konstantan —Cu	Konstantan —Fe	Konstantan —Mo	Konstantan —W	Konstantan — 85,3 Ni, 12,5 Cr Rest meist Fe
-185^0	—	—	—	—	—	—	—	5,0	7,5	—	4,66	—
− 80	—	—	—	—	—	—	—	2,7	3,8	—	2,57	—
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0
+ 100	1,8	1,1	2,2	3,7	2,2	0,35	4,12	4,1	5,2	4,66	4,21	5,6
200	4,2	2,9	4,7	7,8	4,7	1,05	8,84	8,8	10,5	10,27	9,37	12,1
300	6,5	5,0	7,4	11,7	7,4	2,06	14,10	14,1	15,8	16,53	15,29	19,1
400	8,4	6,6	9,5	15,1	9,7	3,31	19,77	19,9	21,2	23,42	21,85	26,5
500	10,3	8,3	11,8	18,4	12,0	4,75	25,79	26,3	26,6	30,73	28,89	34,2
600	12,5	10,2	14,2	21,8	14,6	6,31	32,15	—	32,1	38,35	36,46	42,0
700	15,3	12,6	17,2	25,5	17,7	—	—	—	37,7	46,65	44,75	50,1
800	18,3	15,1	20,4	29,2	21,0	—	—	—	43,4	54,98	53,08	58,0
900	21,8	17,9	23,8	33,0	24,5	—	—	—	49,4	—	60,0	65,8
1000	25,7	—	27,5	36,7	28,3	—	—	—	—	—	—	—
1100	29,8	—	—	40,6	—	—	—	—	—	—	—	—
1200	34,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 13.

pv-Werte der Luft.

p m Hg	0°	50°	100°	150°	200°
0	1,00080	1,18403	1,36726	1,55058	1,73374
1	1,00000	1,18380	1,36742	1,55090	1,73436
5	0,99694	1,18302	1,36819	1,55254	1,73691
10	0,99338	1,18229	1,36935	1,55495	1,74032
15	0,99009	1,18185	1,37075	1,55777	1,74399
20	0,98702	1,18162	1,37238	1,56090	1,74798
25	0,98423	1,18163	1,37420	1,56411	1,75224
30	0,98167	1,18182	1,37618	1,56740	1,75654
35	0,97938	1,18219	1,37832	1,57077	1,76083
40	0,97730	1,18270	1,38058	1,57421	1,76514
45	0,97558	1,18335	1,38294	1,57769	1,76946
50	0,97402	1,18419	1,38548	1,58126	1,77392
55	0,97283	1,18519	1,38804	1,58493	1,77846
60	0,97199	1,18643	1,39085	1,58871	1,78310
65	0,97144	1,18796	1,39385	1,59268	1,78783
70	0,97116	1,18975	1,39700	1,59687	1,79268
75	0,97118	1,19179	1,40028	1,60128	1,79766

Tabelle 14.

pv-Werte des Argons.

p m Hg	0°	50°	100°	150°	200°
0	1,00120	1,18451	1,36782	1,55112	1,73443
1	1,00000	1,18390	1,36758	1,55121	1,73468
5	0,99524	1,18149	1,36664	1,55160	1,73570
10	0,98929	1,17856	1,36561	1,55218	1,73711
15	0,98332	1,17575	1,36468	1,55280	1,73867
20	0,97737	1,17304	1,36398	1,55358	1,74038
25	0,97169	1,17042	1,36331	1,55432	1,74227
30	0,96628	1,16798	1,36282	1,55519	1,74425
35	0,96098	1,16574	1,36245	1,55618	1,74638
40	0,95584	1,16368	1,36222	1,55727	1,74845
45	0,95107	1,16168	1,36205	1,55864	1,75064
50	0,94654	1,15987	1,36208	1,56010	1,75295
55	0,94222	1,15822	1,36226	1,56162	1,75534
60	0,93811	1,15677	1,36259	1,56318	1,75779
65	0,93423	1,15554	1,36310	1,56478	1,76036
70	0,93055	1,15445	1,36378	1,56644	1,76304
75	0,92704	1,15353	1,36462	1,56814	1,76580

Tabelle 15.

pv-Werte des Heliums.

p m Hg	0°	50°	100°	p m Hg	0°	50°	100°
0	0,99931	1,18238	1,36528	20	1,01321	1,19571	1,37839
1	1,00000	1,18300	1,36598	25	1,01668	1,19906	1,38172
5	1,00279	1,18568	1,36856	30	1,02015	1,20240	1,38494
10	1,00626	1,18902	1,37188	35	1,02362	1,20575	1,38822
15	1,00978	1,19237	1,37511	40	1,02710	1,20909	1,39149

Tabelle 16.

Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $100\,\alpha_{0,t}$ der Luft.

p m Hg	$100\,\alpha_{0,50}$	$100\,\alpha_{0,100}$	$100\,\alpha_{0,150}$	$100\,\alpha_{0,200}$	p m Hg	$100\,\alpha_{0,50}$	$100\,\alpha_{0,100}$	$100\,\alpha_{0,150}$	$100\,\alpha_{0,200}$
0	0,36618	0,36618	0,36618	0,36618	40	0,42034	0,41265	0,40718	0,40307
1	0,36760	0,36742	0,36726	0,36718	45	0,42607	0,41768	0,41151	0,40698
5	0,37330	0,37239	0,37154	0,37113	50	0,43155	0,42238	0,41562	0,41062
10	0,38034	0,37848	0,37687	0,37596	55	0,43658	0,42681	0,41946	0,41407
15	0,38736	0,38447	0,38225	0,38072	60	0,44124	0,43093	0,42299	0,41725
20	0,39431	0,39043	0,38761	0,38548	65	0,44577	0,43483	0,42634	0,42020
25	0,40118	0,39622	0,39278	0,39015	70	0,45020	0,43849	0,42953	0,42296
30	0,40777	0,40188	0,39777	0,39467	75	0,45431	0,44183	0,43253	0,42550
35	0,41428	0,40741	0,40262	0,39900					

Tabelle 17.

Mittlerer Spannungskoeffizient $100\,\beta_{0,t}$ der Luft.

$1/v$	$100\,\beta_{0,50}$	$100\,\beta_{0,100}$	$100\,\beta_{0,150}$	$100\,\beta_{0,200}$	$1/v$	$100\,\beta_{0,50}$	$100\,\beta_{0,100}$	$100\,\beta_{0,150}$	$100\,\beta_{0,200}$
0	0,36618	0,36618	0,36618	0,36618	35	0,41486	0,41340	0,41216	0,41125
1	0,36754	0,36746	0,36739	0,36738	40	0,42165	0,42014	0,41858	0,41777
5	0,37300	0,37277	0,37252	0,37248	45	0,42837	0,42692	0,42546	0,42440
10	0,37984	0,37945	0,37900	0,37877	50	0,43515	0,43366	0,43222	—
15	0,38678	0,38634	0,38576	0,38536	55	0,44182	0,44032	—	—
20	0,39398	0,39319	0,39246	0,39198	60	0,44860	—	—	—
25	0,40095	0,39994	0,39906	0,39840	65	0,45567	—	—	—
30	0,40798	0,40668	0,40562	0,40484					

Tabelle 18.

Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $100\,\alpha_{0,t}$ des Argons.

p m Hg	$100\,\alpha_{0,50}$	$100\,\alpha_{0,100}$	$100\,\alpha_{0,150}$	$100\,\alpha_{0,200}$	p m Hg	$100\,\alpha_{0,50}$	$100\,\alpha_{0,100}$	$100\,\alpha_{0,150}$	$100\,\alpha_{0,200}$
0	0,366 18	0,366 18	0,366 18	0,366 18	40	0,434 78	0,425 14	0,419 48	0,414 62
1	0,367 80	0,367 58	0,367 48	0,367 34	45	0,442 89	0,432 12	0,425 88	0,420 36
5	0,374 28	0,373 18	0,372 67	0,372 00	50	0,450 70	0,438 95	0,432 09	0,425 93
10	0,382 64	0,380 39	0,379 32	0,377 96	55	0,458 49	0,445 79	0,438 26	0,431 49
15	0,391 39	0,387 88	0,386 10	0,384 09	60	0,466 17	0,452 49	0,444 21	0,436 88
20	0,400 40	0,395 51	0,392 99	0,390 34	65	0,473 78	0,459 06	0,449 95	0,442 15
25	0,409 04	0,403 03	0,399 74	0,396 52	70	0,481 22	0,465 56	0,455 56	0,447 32
30	0,417 60	0,410 45	0,406 36	0,402 61	75	0,488 53	0,472 02	0,461 04	0,452 38
35	0,426 27	0,417 85	0,412 98	0,408 67					

Tabelle 19.

Mittlerer Spannungskoeffizient $100\,\beta_{0,t}$ des Argons.

$1/v$	$100\,\beta_{0,50}$	$100\,\beta_{0,100}$	$100\,\beta_{0,150}$	$100\,\beta_{0,200}$	$1/v$	$100\,\beta_{0,50}$	$100\,\beta_{0,100}$	$100\,\beta_{0,150}$	$100\,\beta_{0,200}$
0	0,366 18	0,366 18	0,366 18	0,366 18	35	0,418 22	0,415 64	0,415 34	0,413 95
1	0,367 58	0,367 50	0,367 50	0,367 44	40	0,425 52	0,422 82	0,422 38	0,420 90
5	0,372 90	0,372 60	0,372 80	0,372 38	45	0,432 60	0,429 94	0,429 26	0,427 85
10	0,380 14	0,379 40	0,379 60	0,378 97	50	0,439 68	0,437 11	0,436 02	—
15	0,387 68	0,386 54	0,386 50	0,385 87	55	0,446 76	0,444 22	—	—
20	0,395 70	0,394 01	0,393 70	0,392 98	60	0,453 88	—	—	—
25	0,403 36	0,401 30	0,400 86	0,399 98	65	0,460 94	—	—	—
30	0,410 92	0,408 54	0,408 12	0,406 99					

Tabelle 20.

Mittlerer Ausdehnungskoeffizient $100\,\alpha_{0,t}$ und Spannungskoeffizient $100\,\beta_{0,t}$ des Heliums.

p	$100\,\alpha_{0,50}$	$100\,\alpha_{0,100}$	$1/v$	$100\,\beta_{0,50}$	$100\,\beta_{0,100}$
0	0,366 18	0,366 18	0	0,366 18	0,366 18
1	0,365 90	0,365 89	1	0,366 14	0,366 13
5	0,364 64	0,364 71	5	0,365 58	0,365 67
10	0,363 12	0,363 25	10	0,365 17	0,365 41
15	0,361 68	0,361 84	15	0,364 64	0,365 18
20	0,360 18	0,360 39	20	0,364 17	0,364 98
25	0,358 72	0,358 97	25	0,363 66	0,364 77
30	0,357 26	0,357 56	30	0,363 15	
35	0,355 81	0,356 17			
40	0,354 38	0,354 77			

Tabelle 21. **pv-Werte der Luft** ($pv = 1$ für $p = 1$ m Hg und 0°).

$\frac{1}{v}$	0°		50°		100°		150°		200°	
	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$
0	1,00080	0,0	1,18403	0,0	1,36726	0,0	1,55053	0,0	1,73374	0,0
5	0,99696	− 0,4	1,18330	+ 2,5	1,36860	− 2,3	1,55403	− 4,5	1,73958	− 4,4
10	0,99343	− 0,3	1,18210	− 2,4	1,37038	− 3,2	1,55820	− 5,7	1,74598	− 7,0
15	0,99018	− 0,1	1,18167	− 2,4	1,37272	− 1,7	1,56314	− 2,7	1,75338	− 3,7
20	0,98718	− 0,1	1,18165	− 1,0	1,37533	− 0,5	1,56832	− 0,8	1,76100	− 1,0
25	0,98446	+ 0,5	1,18182	− 0,4	1,37818	0,0	1,57374	0,0	1,76888	0,0
30	0,98194	+ 0,3	1,18225	0,0	1,38128	− 0,1	1,57937	− 0,5	1,77699	− 0,4
35	0,97967	0,0	1,18288	− 0,3	1,38466	− 0,4	1,58538	− 1,3	1,78545	− 1,0
40	0,97761	+ 0,8	1,18371	− 1,4	1,38834	− 0,9	1,59172	− 1,1	1,79445	0,0
45	0,97580	+ 1,7	1,18480	− 2,6	1,39239	− 0,7	1,59856	0,0	1,80404	+ 3,2
50	0,97429	+ 2,2	1,18627	− 2,8	1,39680	0,0	1,60595	+ 3,2	—	—
55	0,97314	+ 1,7	1,18812	− 1,9	1,40164	+ 1,9	—	—	—	—
60	0,97226	+ 1,1	1,19034	0,0	—	—	—	—	—	—
65	0,97163	+ 0,6	1,19300	+ 3,5	—	—	—	—	—	—
70	0,97127	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—
75	0,97115	− 0,4	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 22. **pv-Werte des Argons** ($pv = 1$ für $p = 1$ m Hg und 0°).

$\frac{1}{v}$	0°		50°		100°		150°		200°	
	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$
0	1,00120	0,0	1,18451	0,0	1,36782	0,0	1,55121	0,0	1,73443	0,0
5	0,99538	+ 4,3	1,18098	+ 1,8	1,36626	0,0	1,55200	+ 2,0	1,73672	− 2,2
10	0,98951	+ 3,2	1,17759	+ 1,6	1,36494	0,0	1,55292	+ 2,4	1,73949	− 2,7
15	0,98367	+ 5,6	1,17434	+ 1,4	1,36390	+ 0,2	1,55393	+ 1,0	1,74280	− 1,1
20	0,97783	+ 3,0	1,17129	+ 1,1	1,36310	+ 0,2	1,55528	+ 0,2	1,74637	0,0
25	0,97233	+ 1,6	1,16843	+ 0,5	1,36252	0,0	1,55697	0,0	1,75014	− 0,1
30	0,96708	+ 0,4	1,16578	0,0	1,36216	− 0,6	1,55911	+ 1,5	1,75425	+ 0,1
35	0,96213	0,0	1,16332	− 0,7	1,36203	− 1,4	1,56153	+ 3,0	1,75866	+ 0,1
40	0,95742	− 0,2	1,16112	− 0,9	1,36223	− 1,4	1,56402	+ 2,4	1,76338	0,0
45	0,95299	+ 0,1	1,15912	− 1,3	1,36272	− 1,0	1,56660	0,0	1,76846	+ 0,4
50	0,94880	+ 0,6	1,15737	− 1,2	1,36353	0,0	1,56934	− 3,7	—	—
55	0,94482	+ 0,9	1,15588	− 0,6	1,36465	+ 1,6	—	—	—	—
60	0,94104	+ 1,1	1,15460	0,0	—	—	—	—	—	—
65	0,93745	+ 0,8	1,15350	+ 0,3	—	—	—	—	—	—
70	0,93402	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—
75	0,93074	− 1,6	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 23. **pv-Werte des Heliums** ($pv = 1$ für $p = 1$ m Hg und 0°).

$\frac{1}{v}$	0°		50°		100°	
	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$	pv	$\Delta . 10^4$
0	0,99932	0,0	1,18229	0,0	1,36525	0,0
5	1,00288	+ 0,2	1,18620	− 0,2	1,36962	− 1,7
10	1,00640	0,0	1,19015	− 0,1	1,37415	− 1,7
15	1,00994	0,0	1,19408	− 0,1	1,37876	− 0,1
20	1,01348	0,0	1,19802	0,0	1,38339	0,0
25	1,01704	+ 0,2	1,20197	+ 0,2	1,38808	+ 1,0
30	1,02058	+ 0,2	1,20589	0,0	—	—
35	1,02411	+ 0,1	—	—	—	—
40	1,02764	0,0	—	—	—	—

Tabelle 24.

Spezifisches Gewicht des Wassers.

t	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0°	0,999 8676	8744	8809	8872	8934	8994	9052	9108	9163	9215
1	9266	9315	9363	9409	9452	9495	9535	9574	9611	9646
2	9680	9712	9742	9770	9797	9822	9845	9867	9887	9906
3	9922	9937	9951	9963	9973	9981	9988	9994	9997	9999
4	1,000 0000	*9999	*9996	*9992	*9986	*9978	*9969	*9959	*9947	*9933
5	0,999 9918	9901	9882	9863	9841	9818	9794	9768	9740	9711
6	9680	9648	9615	9580	9543	9505	9466	9425	9382	9338
7	9293	9246	9198	9148	9097	9044	8990	8934	8877	8819
8	8759	8698	8635	8571	8506	8439	8371	8301	8230	8158
9	8084	8009	7932	7854	7775	7694	7612	7529	7444	7358
10	7271	7182	7092	7001	6908	6814	6718	6622	6524	6424
11	6324	6222	6118	6014	5908	5801	5692	5583	5472	5360
12	5246	5131	5015	4898	4779	4659	4538	4416	4292	4167
13	4041	3914	3785	3656	3525	3392	3259	3124	2988	2851
14	2713	2573	2433	2291	2148	2003	1858	1711	1563	1414
15	1264	1112	0960	0806	0651	0495	0337	0179	0019	*9858
16	0,998 9697	9533	9369	9204	9037	8870	8701	8531	8360	8188
17	8014	7840	7664	7488	7310	7131	6951	6770	6588	6404
18	6220	6034	5848	5660	5471	5281	5090	4898	4705	4511
19	4315	4119	3921	3723	3523	3323	3121	2918	2714	2509
20	2303	2096	1888	1679	1469	1258	1045	0832	0618	0403
21	0186	*9969	*9750	*9531	*9310	*9089	*8866	*8643	*8418	*8193
22	0,997 7966	7738	7510	7280	7050	6818	6585	6352	6117	5882
23	5645	5407	5169	4929	4689	4447	4205	3961	3717	3472
24	3225	2978	2730	2480	2230	1979	1727	1474	1219	0964
25	0708	0451	0194	*9935	*9675	*9414	*9153	*8890	*8626	*8362
26	0,996 8097	7830	7563	7295	7026	6755	6484	6213	5940	5666
27	5391	5116	4839	4562	4283	4004	3724	3443	3161	2878
28	2594	2310	2024	1738	1450	1162	0873	0583	0292	0000
29	0,995 9708	9414	9120	8824	8528	8231	7933	7634	7334	7034
30	6732	6430	6127	5823	5518	5212	4905	4598	4289	3980
31	3670	3359	3047	2734	2421	2106	1791	1475	1158	0841
32	0522	0202	*9882	*9561	*9239	*8916	*8593	*8268	*7943	*7617
33	0,994 7290	6962	6633	6304	5974	5643	5311	4978	4644	4310
34	3975	3639	3302	2964	2626	2287	1947	1606	1264	0922
35	0578	0234	*9889	*9544	*9197	*8850	*8502	*8153	*7803	*7453
36	0,993 7101	6749	6396	6043	5688	5333	4977	4620	4263	3904
37	3545	3185	2825	2463	2101	1738	1374	1009	0644	0278
38	0,992 9911	9543	9175	8806	8436	8065	7693	7321	6948	6574
39	6200	5824	5448	5071	4694	4315	3936	3556	3176	2795
40	2412	2030	1646	1262	0876	0491	0104	*9717	*9329	*8940
41	0,991 8550	8160	7769	7377	6985	6591	6197	5803	5407	5011
42	4614	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 25.

Volumen von 1 g Wasser in Milliliter.

1 Milliliter = 1,000 027 cm³.

t	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0°	1,000 1324	1257	1191	1128	1066	1006	0948	0892	0837	0785
1	0734	0685	0637	0591	0548	0505	0465	0426	0389	0354
2	0320	0289	0258	0230	0203	0178	0155	0133	0113	0094
3	0078	0063	0049	0037	0027	0019	0012	0006	0003	0001
4	0000	0001	0004	0008	0014	0022	0031	0041	0053	0067
5	0082	0099	0118	0137	0159	0182	0206	0232	0260	0289
6	0320	0352	0385	0420	0457	0495	0535	0576	0618	0662
7	0707	0754	0803	0852	0904	0956	1010	1066	1123	1181
8	1241	1302	1365	1429	1494	1561	1630	1699	1770	1843
9	1917	1992	2068	2146	2226	2306	2388	2472	2556	2643
10	2730	2819	2909	3000	3093	3187	3283	3380	3478	3577
11	3678	3780	3883	3988	4094	4201	4309	4419	4530	4643
12	4756	4871	4987	5105	5223	5343	5465	5587	5711	5836
13	5962	6090	6218	6348	6480	6612	6746	6880	7017	7154
14	7292	7432	7573	7715	7859	8003	8149	8296	8444	8593
15	8744	8896	9049	9203	9358	9514	9672	9831	9991	*0152
16	1,001 0314	0478	0642	0808	0975	1143	1312	1482	1654	1826
17	2000	2175	2351	2528	2706	2886	3066	3248	3430	3614
18	3799	3985	4173	4361	4550	4741	4932	5125	5319	5513
19	5709	5906	6104	6304	6504	6705	6908	7111	7316	7521
20	7728	7936	8145	8355	8565	8777	8991	9205	9420	9636
21	9853	*0071	*0291	*0511	*0733	*0955	*1178	*1403	*1628	*1855
22	1,002 2083	2311	2541	2771	3003	3236	3470	3704	3940	4177
23	4414	4653	4893	5134	5375	5618	5862	6107	6352	6599
24	6847	7095	7345	7596	7847	8100	8354	8608	8864	9120
25	9378	9636	9895	*0156	*0417	*0680	*0943	*1207	*1472	*1738
26	1,003 2006	2274	2543	2813	3084	3355	3628	3902	4177	4452
27	4729	5006	5285	5564	5845	6126	6408	6691	6975	7260
28	7546	7833	8121	8409	8699	8989	9281	9573	9866	*0160
29	1,004 0455	0751	1048	1346	1645	1944	2245	2546	2849	3152
30	3456	3761	4067	4373	4681	4990	5299	5609	5921	6233
31	6546	6860	7174	7490	7807	8124	8442	8761	9081	9402
32	9724	*0047	*0370	*0695	*1020	*1346	*1673	*2001	*2329	*2659
33	1,005 2989	3321	3653	3986	4320	4654	4990	5326	5664	6002
34	6341	6681	7021	7363	7705	8048	8392	8737	9083	9430
35	9777	*0125	*0474	*0824	*1175	*1526	*1879	*2232	*2586	*2941
36	1,006 3297	3653	4011	4369	4728	5088	5449	5810	6172	6535
37	6899	7264	7630	7996	8363	8731	9100	9470	9840	*0212
38	1,007 0584	0957	1330	1705	2080	2456	2833	3211	3590	3969
39	4349	4730	5112	5494	5878	6262	6647	7032	7419	7806
40	8194	8583	8973	9363	9755	*0147	*0539	*0933	*1327	*1723
41	1,008 2119	2515	2913	3311	3710	4110	4511	4912	5315	5718
42	6121	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 26 a. **Spezifisches Gewicht des Wassers.**

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30°	0,99 5672	5366	5051	4728	4397	4058	3711	3356	2993	2622
40	2244	1858	1466	1066	0658	0244	*9823	*9395	*8960	*8518
50	0,98 8070	7615	7154	6686	6212	5731	5245	4752	4253	3748
60	3237	2720	2197	1668	1134	0594	0047	*9496	*8939	*8376
70	0,97 7808	7234	6655	6071	5481	4886	4285	3679	3068	2452
80	1831	1205	0573	*9937	*9295	*8649	*7998	*7341	*6680	*6014
90	0,96 5343	4668	3987	3302	2612	1918	1218	0514	*9806	*9093
100	0,95 8375	7653	6926	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 26 b. **Volumen von 1 g Wasser in Milliliter.**

1 Milliliter = 1,000 027 cm^3.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30°	1,00 4347	4656	4974	5300	5635	5978	6329	6688	7056	7433
40	7817	8209	8608	9015	9430	9852	*0282	*0719	*1163	*1615
50	1,01 2074	2540	3013	3493	3981	4476	4977	5484	5999	6521
60	7049	7584	8126	8674	9229	9790	*0358	*0933	*1544	*2102
70	1,02 2696	3296	3903	4516	5135	5761	6394	7033	7677	8328
80	8985	9649	*0319	*0995	*1678	*2366	*3060	*3761	*4468	*5182
90	1,03 5901	6626	7358	8096	8840	9590	*0346	*1109	*1877	*2652
100	1,04 3433	4220	5013	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 27.

Spezifisches Gewicht des Quecksilbers.

a) Unter Atmosphärendruck.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	13,5955	5930	5905	5880	5856	5831	5806	5772	5747	5722
10	5698	5688	5658	5634	5609	5584	5560	5535	5511	5486
20	5461	5437	5412	5388	5363	5339	5314	5290	5265	5241
30	5216	5191	5167	5142	5118	5094	5069	5045	5020	4996
40	4971	4947	4922	4898	4873	4849	4825	4800	4776	4751
50	4727	4703	4678	4654	4630	4605	4581	4557	4532	4508
60	4484	4459	4435	4411	4386	4362	4338	4314	4289	4265
70	4241	4217	4192	4168	4144	4120	4095	4071	4047	4023
80	3999	3975	3950	3926	3902	3878	3854	3830	3806	3781
90	3757	3733	3709	3685	3661	3637	3613	3589	3565	3541
100	3516	3492	—	—	—	—	—	—	—	—

t	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100°	13,352	328	304	280	256	232	208	184	160	137
200	113	089	065	042	018	*994	*970	*947	*923	*899
300	12,876	—	—	—	—	—	—	—	—	—

b) Unter einem Druck von 20 Atm.

t	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
200°	13,114	090	066	043	019	*995	*971	*948	*924	*900
300	12,877	853	829	805	781	758	734	710	686	662
400	638	614	590	565	541	517	493	468	444	419
500	395	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 28.

Ausdehnung der Volumeneinheit Quecksilber.

a) Unter Atmosphärendruck.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0,00 0000	0182	0364	0546	0727	0909	1091	1273	1455	1637
10	1819	2001	2183	2365	2547	2729	2911	3093	3275	3457
20	3640	3822	4004	4186	4368	4550	4733	4915	5097	5279
30	5462	5644	5826	6009	6191	6373	6556	6738	6920	7103
40	7285	7468	7650	7833	8015	8198	8380	8563	8745	8928
50	9111	9293	9476	9658	9841	*0024	*0206	*0389	*0572	*0755
60	0,01 0937	1120	1303	1486	1668	1851	2034	2217	2400	2583
70	2766	2949	3131	3314	3497	3680	3863	4046	4229	4412
80	4596	4779	4962	5145	5328	5511	5694	5877	6061	6244
90	6427	6610	6793	6977	7160	7343	7527	7710	7893	8077
100	8260	8443	—	—	—	—	—	—	—	—

t	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100°	0,0 1826	2009	2193	2378	2563	2748	2934	3120	3307	3494
200	3681	3869	4058	4247	4437	4628	4819	5010	5203	5396
300	5590	—	—	—	—	—	—	—	—	—

b) Unter einem Druck von 20 Atm.

t	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
200°	0,0 3681	3869	4058	4247	4437	4628	4819	5011	5203	5397
300	5591	5786	5982	6179	6377	6576	6776	6976	7178	7381
400	7585	7791	7997	8205	8414	8624	8836	9049	9263	9479
500	9696	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 29.

Elastische Konstanten bei 18°.

Metall	Dehnungsmodul E $\frac{\text{kg-Gew.}}{\text{mm}^2}$	Schubmodul G $\frac{\text{kg-Gew.}}{\text{mm}^2}$	Poissonsche Zahl μ	Kompressibilität $\varkappa \cdot 10^6$
Ag	8 100	2940	0,379	0,90
Al I	7 200	2680	0,343	1,31
Al II	7 100	2660	0,339	1,36
Al III	7 300	2740	0,334	1,36
Au I	7 800	2730	0,423	0,59
Au II	8 100	2860	0,420	0,59
Bi[1])	3 300	1220	0,33	3,1
Cd[1])	5 100	1960	0,30	2,4
Cu IV	12 500	4640	0,348	0,73
Cu V	13 100	—	—	—
Cu VI	13 000	4880	0,337	0,75
Fe I	21 700	8470	0,280	0,61
Stahl	21 300	8280	0,287	0,60
Ir[1])	53 000	—	—	—
Ni	20 500	7850	0,309	0,56
Pb I[1])	1 660	570	0,45	2,0
Pd[1])	11 500	4120	0,393	0,56
Pt II[1])	17 100	6160	0,387	0,40
Rh[1])	30 000	—	—	—
Sn[1])	5 500	2080	0,33	1,9
Zn[1])	13 100	—	—	—
Rotguß[1])	8 200	3030	0,358	1,03
Konstantan	16 600	6260	0,325	0,63
Manganin	12 600	4760	0,329	0,81

$\varkappa \cdot 10^6$		Al	Fe	Cu	Ag	Pt
für $t =$	-190^0	1,32	0,61	0,72	0,71	0,37
	$+100$	(1,70)	0,65	0,80	0,82	0,40

[1]) Gegossene Stäbe.

Tabelle 30.

Lineare Ausdehnung fester Körper in mm/m zwischen 0 und t^0.

t	Aluminium 4) 9) 15)	Antimon 12)	Blei 12)	Gold 12)	Iridium 8) 12)	Kupfer 4) 9)	Magnesium 12) 16)	Nickel 2) 9)	Palladium 2) 7)	Platin 2) 7) 10)	Silber 2) 9) 16)	Wismut 12)	Zink 12)	Zinn 12)	Platiniridium 80 Pt, 20 Ir 2) 8) 9)	Platiniridium 90 Pt, 10 Ir 11)	Schweißeisen 4) 9)
−190°	−3,43	−1,94	−5,12	−2,49	−1,07	−2,66	−4,01	−1,89	−1,926	−1,51	−3,21	−2,46	−1,85	−4,24	−1,43	−1,47	−1,68
−175	—	—	—	—	—	—	—	—	−1,798	−1,40	—	—	—	—	—	—	—
−150	—	—	—	—	—	—	—	—	−1,574	−1,22	—	—	—	—	—	—	—
−125	—	—	—	—	—	—	—	—	−1,337	−1,03	—	—	—	—	—	—	—
−100	−2,20	—	—	—	—	—	—	—	−1,089	−0,84	—	—	—	—	—	—	—
− 75	−1,67	—	—	—	—	—	—	—	−0,830	−0,64	—	—	—	—	—	—	—
− 50	−1,12	—	—	—	—	—	—	—	−0,562	−0,43	—	—	—	—	—	—	—
− 25	−0,57	—	—	—	—	—	—	—	−0,285	−0,22	—	—	—	—	—	—	—
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
+ 25	0,58	—	—	—	—	—	—	—	0,291	0,221	0,487	—	—	—	—	—	—
50	1,17	—	—	—	—	—	—	—	0,588	0,444	0,977	—	—	—	—	—	—
75	1,77	—	—	—	—	—	—	—	0,888	0,671	1,471	—	—	—	—	—	—
100	2,38	1,08	2,92	1,42	0,65	1,65	2,59	—	1,193	0,899	1,968	1,34	1,65	+2,67	0,83	—	1,22
200	4,94	—	—	—	—	3,38	5,39	—	2,42	1,83	4,00	—	—	—	1,70	—	2,53
300	7,68	—	—	—	—	5,18	8,36	(4,34)	3,70	2,78	6,08	—	—	—	2,59	—	3,93
400	10,60	—	—	—	—	7,07	11,53	5,91	5,02	3,76	8,23	—	—	—	3,51	—	5,43
500	13,70	—	—	—	—	9,04	14,88	7,56	6,38	4,77	10,43	—	—	—	4,45	—	7,02
600	(16,67)	—	—	—	—	11,09	—	9,27	7,79	5,80	12,69	—	—	—	5,43	—	8,71
700	—	—	—	—	—	—	—	11,05	9,24	6,86	15,14	—	—	—	6,43	—	10,49
800	—	—	—	—	—	—	—	12,89	10,74	7,94	17,68	—	—	—	7,47	—	—
900	—	—	—	—	—	—	—	14,80	12,27	9,05	—	—	—	—	8,53	—	—
1000	—	—	—	—	7,91	—	—	16,78	13,86	10,19	—	—	—	—	9,62	—	—
1100	—	—	—	—	8,83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,73	—	—
1200	—	—	—	—	9,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11,88	—	—
1300	—	—	—	—	10,72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,05	—	—
1400	—	—	—	—	11,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,26	—	—
1500	—	—	—	—	12,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15,49	—	—
1600	—	—	—	—	13,73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,75	—	—
1700	—	—	—	—	14,78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 30 (Fortsetzung).

t	Fluß-eisen 4) 9)	Fluß-stahl 4) 9)	Maschinen-gußeisen 4) 9)	Hoch-wertiges Gußeisen 4) 9)	Invar (Krupp) 11)	Invar (Imphy) 11)	Messing 4) 9)	Bronze 4) 9)	Kon-stantan 2) 9)	B.-u.S.-Spiegel-metall 15)	Jenaer Glas 16^{III} 1) 11) 16)	Jenaer Glas 59^{III} 1) 3) 6) 11)	Jenaer Glas 1565^{III} 14)	Quarz parallel d. Achse 7)	Quarzglas*) 5) 6) 7) 13) 14)	Berliner Porzellan 3) 6) 11)
-190^0	−1,67	−1,64	−1,61	−1,59	−0,55	−0,37	−3,11	−2,84	−2,26	—	−1,12	−0,82	—	−0,959	+0,020	−0,324
−175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,914	+0,010	—
−150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,827	−0,002	—
−125	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,725	−0,010	—
−100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,607	−0,015	—
−75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,475	−0,016	—
−50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,330	−0,013	—
−25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	−0,171	−0,008	—
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
+25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,195	0,143	0,084	0,183	0,010	0,070
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,395	0,289	0,169	0,377	0,022	0,144
75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,599	0,438	0,256	0,581	0,036	0,221
100	1,20	1,17	1,04	1,04	—	—	1,84	1,75	1,52	1,60	0,807	0,591	0,345	0,795	0,051	0,303
200	2,51	2,45	2,19	2,21	—	—	3,85	3,58	3,12	—	1,67	1,20	0,72	—	0,117	0,66
300	3,92	3,83	3,45	3,49	—	—	6,03	5,50	4,81	—	2,60	1,83	1,12	—	0,188	1,03
400	5,44	5,31	4,82	4,90	—	—	8,39	7,51	6,57	—	3,59	2,47	1,56	—	0,254	1,41
500	7,06	6,91	6,31	6,44	—	—	—	9,61	8,41	—	4,63	3,14	2,02	—	0,306	1,82
600	8,79	8,60	7,91	8,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,36	2,24
700	10,63	10,40	—	9,87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,40	(2,63)
800	—	—	—	11,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	3,10
900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,50	3,69
1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,54	4,31
1100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1700	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) bis [16]) Literatur von S. 23 ff. *) Quarzglasring $-250^0 + 0{,}076$; $-225^0 + 0{,}049$; $-200^0 + 0{,}027$.

Tabelle 31.

Spezifische Wärme der Gase bei dem Druck einer Atmosphäre.

Es bezeichnet: d_0 die Dichte des Gases bei 0°;
M das Molekulargewicht nach der internationalen Tabelle, nur über Argon s. H. Schultze, Ann. d. Phys. 48, 269, 1915;
c_p die wahre spezifische Wärme des Gases bei konstantem Druck;
C_p die wahre Molekularwärme bei konstantem Druck;
C_V die wahre Molekularwärme bei konstantem Volumen;
k das Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen;
C_{p_0}, C_{V_0}, k_0 die auf den Druck 0 umgerechneten Größen.

Gas	Formel	d_0	M	t	c_p Watt-sec / g.Grad	c_p cal_{15} / g.Grad	C_p	C_V	C_{p_0}	C_{V_0}	k	k_0
Helium	He	0,00 01 785	4,00	+ 18°	5,234	1,251	5,004	3,017	5,004	3,017	1,659	1,659
				− 180	5,18	1,237	4,948	2,961	4,948	2,961	1,671	1.671
Argon	Ar	17 838	39,95	+ 15	0,531	0,1269	5,07	3,07	5,06	3,07	1,65	1,65
				− 180	0,556	0,1329	5,31	3,01	4,85	2,86	1,76	1,70
Wasserstoff	H_2	00 8985	2,016	+ 16	14,26	3,408	6,871	4,884	6,871	4,884	1,407	1,407
				− 76	13,23	3,162	6,375	4,387	6,374	4,387	1,453	1,453
				− 181	11,08	2,648	5,338	3,344	5,328	3,341	1,596	1,595
Stickstoff	N_2	12 507	28,02	+ 20	1,044	0,2495	6,991	4,995	6,977	4,990	1,400	1,398
				− 181	1,071	0,2560	7,173	4,888	6,729	4,742	1,467	1,419
Sauerstoff	O_2	14 291	32,00	+ 20	0,914	0,2184	6,989	4,994	6,977	4,990	1,399	1,398
				− 76	0,898	0,2146	6,87	4,85	6,83	4,84	1,416	1,411
				− 181	0,956	0,2285	7,31	5,05	6,91	4,92	1,448	1,404
Luft (kohlensäurefrei)	—	12 928	28,95	+ 20	1,008	0,2409	6,974	4,979	6,962	4,975	1,401	1,399
				− 76	1,018	0,2433	7,04	5,02	7,00	5,01	1,402	1,397
				− 181	1,046	0,2500	7,24	5,00	6,86	4,87	1,448	1,409

Tabelle 31 (Fortsetzung).

Gas	Formel	d_0	M	t	c_p Watt-sec / g . Grad	c_p cal_{15} / g . Grad	C_p	C_V	C_{p_0}	C_{V_0}	k	k_0
Kohlenoxyd	CO	0,00 12 503	28,00	+ 18°	1,048	0,2505	7,014	5,017	6,999	5,012	1,398	1,396
				− 180	1,084	0,2591	7,255	4,930	6,758	4,766	1,472	1,417
Stickoxyd	NO	13 402	30,01	+ 15	1,012	0,242	7,26	5,26	7,25	5,26	1,38	1,38
				− 45	1,001	0,239	7,17	5,16	7,14	5,15	1,39	1,39
				− 55	1,014	0,242	7,26	5,25	7,23	5,24	1,38	1,38
				− 80	1,024	0,245	7,35	5,33	7,30	5,31	1,38	1,37
Kohlensäure	CO_2	19 768	44,00	+ 20	0,846	0,202	8,89	6,86	8,83	6,84	1,30	1,29
				− 75	0,768	0,184	8,10	5,93	7,83	5,84	1,37	1,34
Stickoxydul	N_2O	19 777	44,02	+ 20	0,879	0,210	9,24	7,20	9,16	7,17	1,28	1,28
				− 30	0,835	0,200	8,80	6,72	8,67	6,68	1,31	1,30
				− 70	0,797	0,190	8,36	6,22	8,14	6,15	1,34	1,32
Methan	CH_4	07 168	16,03	+ 15	2,22	0,531	8,51	6,51	8,49	6,50	1,31	1,31
				+ 5	2,20	0,526	8,43	6,42	8,40	6,41	1,31	1,31
				− 30	2,13	0,509	8,16	6,14	8,11	6,12	1,33	1,33
				− 55	2,11	0,504	8,08	6,05	8,02	6,03	1,34	1,33
				− 80	2,11	0,504	8,08	6,03	7,99	6,00	1,34	1,33
Acetylen	C_2H_2	11 759	26,03	+ 18	1,680	0,402	10,46	8,41	10,37	8,38	1,24	1,24
				− 71	1,470	0,351	9,13	6,96	8,86	6,87	1,31	1,29
Äthylen	C_2H_4	12 64	28,04	+ 18	1,527	0,365	10,23	8,19	10,15	8,16	1,25	1,24
				− 36	1,371	0,328	9,19	7,10	9,04	7,05	1,29	1,28
				− 68	1,314	0,314	8,80	6,64	8,55	6,56	1,33	1,30
				− 91	1,291	0,309	8,66	6,43	8,30	6,31	1,35	1,32
Äthan	C_2H_6	13 567	30,06	+ 15	1,728	0,413	12,41	10,34	12,29	10,30	1,20	1,19
				− 35	1,539	0,368	11,06	8,92	10,84	8,85	1,24	1,22
				− 82	1,455	0,348	10,46	8,17	10,01	8,02	1,28	1,25

Tabelle 32.

Mittlere spezifische Wärme bei dem konstanten Druck einer Atmosphäre.

Mittlere spezifische Wärme zwischen $t_0 = 0$ bzw. 100^0 und t^0.

Reiner Stickstoff . . . . . $c_{0,t} = 0{,}2491 + 0{,}000\,009\,5\ t$

Luftstickstoff mit 1,7 Gew.-Proz. Argon . $c_{0,t} = 0{,}2470 + 0{,}000\,009\,5\ t$

Luft (kohlensäurefrei) . . . . . $c_{0,t} = 0{,}2405 + 0{,}000\,009\,5\ t$

Kohlensäure . . . . . $c_{0,t} = 0{,}1971 + 0{,}000\,128\,3\ t - 0{,}000\,990\,8 \cdot 10^{-4} t^2 + 0{,}000\,031\,36 \cdot 10^{-6} t^3$

Wasserdampf . . . . . $c_{100,t} = 0{,}4574 + 0{,}000\,046\,2\ t.$

t	Stickstoff, rein $c_{0,t}$	Luftstickstoff $c_{0,t}$	Luft $c_{0,t}$	Kohlensäure $c_{0,t}$	Wasserdampf $c_{100,t}$
0°	0,2491	0,2470	0,2405	0,1971	—
100	0,2501	0,2480	0,2415	0,2089	0,4620
200	0,2510	0,2489	0,2424	0,2190	0,4667
300	0,2520	0,2499	0,2434	0,2275	0,4713
400	0,2529	0,2508	0,2443	0,2345	0,4759
500	0,2539	0,2518	0,2453	0,2404	0,4805
600	0,2548	0,2527	0,2462	0,2451	0,4851
700	0,2558	0,2537	0,2472	0,2491	0,4898
800	0,2567	0,2546	0,2481	0,2523	0,4944
900	0,2577	0,2556	0,2491	0,2551	0,4990
1000	0,2586	0,2565	0,2500	0,2576	0,5036
1100	0,2596	0,2575	0,2510	0,2600	0,5082
1200	0,2605	0,2584	0,2519	0,2625	0,5129
1300	0,2615	0,2594	0,2529	0,2653	0,5175
1400	0,2624	0,2603	0,2538	0,2685	0,5221

Tabelle 33. **Wahre spezifische Wärme bei dem konstanten Druck einer Atmosphäre.**

Reiner Stickstoff . . . . . $c_t = 0{,}2491 + 0{,}000\,019\ t$

Luftstickstoff mit 1,7 Gew.-Proz. Argon . $c_t = 0{,}2470 + 0{,}000\,019\ t$

Luft . . . . . $c_t = 0{,}2405 + 0{,}000\,019\ t$

Kohlensäure . . . . . $c_t = 0{,}1971 + 0{,}000\,256\,5\ t - 0{,}002\,972 \cdot 10^{-4} t^2 + 0{,}000\,125\,4 \cdot 10^{-6} t^3$

Wasserdampf . . . . . $c_t = 0{,}4528 + 0{,}000\,092\,4\ t.$

Diese Formeln haben nur oberhalb 0° Gültigkeit.

t	Stickstoff, rein c_t	Luftstickstoff c_t	Luft c_t	Kohlensäure c_t	Wasserdampf c_t
−181°	0,2559	—	0,2499	—	—
− 76	—	—	0,2433	0,1835	—
0	0,2491	0,2470	0,2405	0,1971	—
100	0,251	0,249	0,242	0,220	0,462
200	0,253	0,251	0,244	0,237	0,471
300	0,255	0,253	0,246	0,251	0,481
400	0,257	0,255	0,248	0,260	0,490
500	0,259	0,257	0,250	0,267	0,499
600	0,261	0,258	0,252	0,271	0,508
700	0,262	0,260	0,254	0,274	0,517
800	0,264	0,262	0,256	0,276	0,527
900	0,266	0,264	0,258	0,279	0,536
1000	0,268	0,266	0,260	0,282	0,545

Tabelle 34.

Mittlere Molekularwärme bei konstantem Druck C_p und konstantem Volumen C_v.

t	Stickstoff[1])		Kohlensäure		Wasserdampf	
	C_p 0 bis t^0	C_v 0 bis t^0	C_p 0 bis t^0	C_v 0 bis t^0	C_p 100 bis t^0	C_v 100 bis t^0
0°	6,98	4,99	8,67	6,68	—	—
100	7,01	5,02	9,19	7,21	8,32	6,34
200	7,03	5,05	9,64	7,65	8,41	6,42
300	7,06	5,07	10,01	8,02	8,49	6,50
400	7,09	5,10	10,32	8,33	8,57	6,59
500	7,11	5,13	10,58	8,59	8,66	6,67
600	7,14	5,15	10,79	8,80	8,74	6,75
700	7,17	5,18	10,96	8,97	8,82	6,84
800	7,19	5,21	11,10	9,12	8,91	6,92
900	7,22	5,23	11,23	9,24	8,99	7,00
1000	7,25	5,26	11,33	9,35	9,07	7,09
1100	7,27	5,29	11,44	9,45	9,16	7,17
1200	7,30	5,31	11,55	9,56	9,24	7,25
1300	7,33	5,34	11,67	9,68	9,32	7,34
1400	7,35	5,37	11,81	9,83	9,41	7,42

[1]) Die Molekularwärme von Luftstickstoff und von Luft unterscheidet sich nur um 0,14 bzw. 0,26 Proz. von derjenigen des Stickstoffs.

Tabelle 35.

Wahre Molekularwärme bei konstantem Druck C_p und konstantem Volumen C_v.

t	Stickstoff		Kohlensäure		Wasserdampf	
	C_p	C_v	C_p	C_v	C_p	C_v
—181°	7,170	—	—	—	—	—
— 76	—	—	8,074	—	—	—
0	6,980	4,993	8,672	6,685	—	—
100	7,03	5,05	9,68	7,69	8,32	6,34
200	7,09	5,10	10,4	8,46	8,49	6,50
300	7,14	5,15	11,0	9,04	8,66	6,67
400	7,19	5,21	11,4	9,46	8,82	6,84
500	7,25	5,26	11,7	9,75	8,99	7,00
600	7,30	5,31	11,9	9,94	9,16	7,17
700	7,35	5,37	12,1	10,1	9,32	7,34
800	7,41	5,42	12,2	10,2	9,49	7,50
900	7,46	5,47	12,3	10,3	9,66	7,67
1000	7,51	5,53	12,4	10,4	9,82	7,84

Tabelle 36. **Mittlere spezifische Wärme c_p der Luft zwischen 20 und 100°.**

$10^4 c_p = 2414 + 2{,}86\,p + 0{,}0005\,p^2 - 0{,}000\,010\,6\,p^3$.

p kg/cm²	c_p Beobachtet	c_p Berechnet	p kg/cm²	c_p Beobachtet	c_p Berechnet
1	0,2415	0,2417	150	0,2821	0,2818
25	0,2490	0,2486	200	0,2925	0,2921
50	0,2554	0,2557	300	0,3026	0,3031
100	0,2690	0,2694	400	—	0,2960

Tabelle 37. **Spezifische Wärme des Wassers.**

a) In Wattsekunden/g Grad.

$c_p = 4{,}204\,71 - 0{,}001\,768\,t + 0{,}000\,026\,447\,t^2$.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	(4,205)	(4,203)	(4,201)	(4,200)	(4,198)	4,1966	4,1951	4,1937	4,1923	4,1910
10	4,1897	4,1885	4,1874	4,1863	4,1852	4,1842	4,1833	4,1824	4,1815	4,1807
20	4,1800	4,1793	4,1787	4,1781	4,1776	4,1771	4,1767	4,1763	4,1760	4,1757
30	4,1755	4,1754	4,1753	4,1752	4,1752	4,1753	4,1754	4,1756	4,1758	1,1761
40	4,1764	4,1768	4,1772	4,1777	4,1782	4,1788	4,1794	4,1801	4,1809	4,1817
50	4,1825	—	—	—	—	—	—	—	—	—

b) In cal_{15}/g Grad.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	(1,005)	(1,0045)	(1,004)	(1,004)	(1,003)	1,0030	1,0026	1,0023	1,0019	1,0016
10	1,0013	1,0010	1,0008	1,0005	1,0002	1,0000	0,9998	0,9996	0,9994	0,9992
20	0,9990	0,9988	0,9987	0,9985	0,9984	0,9983	0,9982	0,9981	0,9980	0,9980
30	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981
40	0,9981	0,9982	0,9983	0,9985	0,9986	0,9987	0,9988	0,9990	0,9992	0,9994
50	0,9996	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 38. **Spezifische Wärme von Metallen.**

Metalle	Spez. Gew. 18°	Spezifische Wärme cal_{15}/g Grad 18°	100°	Temp.-Koeffiz.	Metalle	Spez. Gew. 18°	Spezifische Wärme cal_{15}/g Grad 18°	100°	Temp.-Koeffiz.
				‰					‰
Al	2,71	0,214	0,223	+ 0,5	Ni	8,81	0,106	0,116	+ 1,1
Au	19,21	0,031	0,031	0,0	Pb	11,32	0,031	0,032	+ 0,3
Bi	9,78	0,029	0,030	+ 0,5	Pd	11,96	0,059	0,062	+ 0,7
Cd	8,63	0,055	0,056	+ 0,3	Pt	21,39	0,032	0,033	+ 0,5
Fe I	7,84	0,109	0,116	+ 0,8	Sn	7,28	0,052	0,056	+ 1,0
Fe II	7,85	0,105	0,119	+ 1,6	Zn	7,11	0,092	0,095	+ 0,4
Stahl	7,82	0,114	0,124	+ 1,0	Konstantan	8,92	0,098	0,102	+ 0,5
Ir	22,49	0,032	0,033	+ 0,7	Manganin	8,44	0,097	0,100	+ 0,4

Tabelle 39. **Sättigungsdruck des Wasserdampfes über Eis in mm Quecksilber.**

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
− 60°	0,007	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	—
− 50	0,029	0,025	0,022	0,019	0,017	0,015	0,013	0,011	0,009	0,008
− 40	0,093	0,083	0,074	0,066	0,058	0,052	0,047	0,042	0,037	0,033
− 30	0,280	0,252	0,227	0,205	0,185	0,167	0,150	0,134	0,119	0,105

Tabelle 39 (Fortsetzung).

t	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
− 30°	0,280	0,277	0,274	0,272	0,269	0,266	0,263	0,260	0,258	0,255
− 29	0,311	0,308	0,305	0,301	0,298	0,295	0,292	0,289	0,286	0,283
− 28	0,345	0,342	0,338	0,335	0,331	0,328	0,325	0,321	0,318	0,314
− 27	0,383	0,379	0,375	0,372	0,368	0,364	0,360	0,356	0,353	0,349
− 26	0,425	0,420	0,416	0,411	0,407	0,403	0,399	0,395	0,391	0,387
− 25	0,471	0,466	0,462	0,457	0,453	0,448	0,443	0,439	0,435	0,429
− 24	0,521	0,516	0,511	0,505	0,500	0,495	0,490	0,485	0,481	0,476
− 23	0,576	0,570	0,565	0,559	0,554	0,548	0,543	0,537	0,532	0,526
− 22	0,636	0,630	0,624	0,618	0,612	0,606	0,600	0,594	0,588	0,582
− 21	0,701	0,694	0,687	0,681	0,674	0,667	0,661	0,654	0,648	0,642
− 20	0,772	0,765	0,758	0,750	0,743	0,736	0,729	0,722	0,715	0,708
− 19	0,850	0,842	0,834	0,826	0,818	0,810	0,802	0,795	0,787	0,780
− 18	0,935	0,926	0,918	0,909	0,901	0,892	0,884	0,875	0,867	0,858
− 17	1,027	1,017	1,008	0,998	0,989	0,980	0,971	0,962	0,953	0,944
− 16	1,128	1,118	1,108	1,097	1,087	1,077	1,067	1,057	1,047	1,037
− 15	1,238	1,227	1,216	1,204	1,193	1,182	1,171	1,160	1,150	1,139
− 14	1,357	1,345	1,333	1,320	1,308	1,296	1,284	1,273	1,261	1,250
− 13	1,486	1,473	1,460	1,446	1,433	1,420	1,407	1,394	1,382	1,369
− 12	1,627	1,613	1,598	1,584	1,569	1,555	1,541	1,527	1,514	1,500
− 11	1,780	1,764	1,749	1,733	1,718	1,702	1,687	1,672	1,657	1,642
− 10	1,946	1,928	1,911	1,894	1,877	1,861	1,845	1,828	1,812	1,796
− 9	2,125	2,106	2,088	2,070	2,052	2,034	2,016	1,999	1,981	1,963
− 8	2,321	2,301	2,281	2,261	2,241	2,222	2,202	2,183	2,164	2,145
− 7	2,532	2,510	2,489	2,467	2,446	2,425	2,404	2,383	2,362	2,342
− 6	2,761	2,738	2,714	2,691	2,668	2,645	2,622	2,599	2,577	2,554
− 5	3,008	2,982	2,956	2,931	2,906	2,881	2,857	2,833	2,809	2,785
− 4	3,276	3,248	3,220	3,193	3,166	3,139	3,112	3,086	3,060	3,034
− 3	3,566	3,536	3,507	3,477	3,448	3,419	3,390	3,361	3,332	3,304
− 2	3,879	3,847	3,815	3,783	3,751	3,720	3,689	3,658	3,627	3,597
− 1	4,216	4,182	4,147	4,113	4,079	4,045	4,012	3,979	3,945	3,912
− 0	4,579	4,542	4,505	4,468	4,431	4,395	4,358	4,322	4,286	4,251

Tabelle 40.

Sättigungsdruck des Wasserdampfes unter 0° über Wasser in mm Quecksilber.

t	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
− 16°	1,315	—	—	—	—	—	—	—	—	—
− 15	1,429	1,417	1,406	1,394	1,383	1,371	1,360	1,349	1,337	1,326
− 14	1,551	1,538	1,525	1,513	1,501	1,489	1,477	1,465	1,453	1,441
− 13	1,684	1,670	1,657	1,643	1,630	1,616	1,603	1,590	1,577	1,564
− 12	1,826	1,812	1,797	1,783	1,768	1,754	1,740	1,726	1,712	1,698
− 11	1,979	1,963	1,948	1,932	1,917	1,901	1,886	1,871	1,856	1,841
− 10	2,143	2,126	2,109	2,093	2,077	2,060	2,044	2,028	2,011	1,995
− 9	2,320	2,302	2,284	2,266	2,248	2,230	2,212	2,195	2,177	2,160
− 8	2,509	2,489	2,469	2,450	2,431	2,412	2,394	2,375	2,357	2,338
− 7	2,712	2,691	2,670	2,650	2,629	2,609	2,589	2,569	2,549	2,529
− 6	2,928	2,906	2,884	2,862	2,840	2,818	2,797	2,775	2,754	2,733
− 5	3,158	3,134	3,110	3,086	3,063	3,040	3,017	2,994	2,972	2,950
− 4	3,404	3,378	3,353	3,328	3,303	3,278	3,254	3,230	3,206	3,182
− 3	3,669	3,642	3,615	3,588	3,561	3,534	3,508	3,481	3,455	3,429
− 2	3,952	3,923	3,894	3,865	3,836	3,808	3,780	3,752	3,724	3,697
− 1	4,256	4,224	4,193	4,162	4,131	4,101	4,071	4,041	4,011	3,981
− 0	4,579	4,546	4,513	4,480	4,447	4,414	4,382	4,350	4,318	4,287

Tabelle 41.

Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Quecksilber.

t	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
0°	4,579	4,613	4,647	4,681	4,715	4,750	4,785	4,820	4,855	4,890
1	4,926	4,962	4,998	5,034	5,070	5,107	5,144	5,181	5,219	5,256
2	5,294	5,332	5,370	5,408	5,447	5,486	5,525	5,565	5,605	5,645
3	5,685	5,725	5,766	5,807	5,848	5,889	5,931	5,973	6,015	6,058
4	6,101	6,144	6,187	6,230	6,274	6,318	6,363	6,408	6,453	6,498
5	6,543	6,589	6,635	6,681	6,728	6,775	6,822	6,869	6,917	6,965
6	7,013	7,062	7,111	7,160	7,209	7,259	7,309	7,360	7,411	7,462
7	7,513	7,565	7,617	7,669	7,722	7,775	7,828	7,882	7,936	7,990
8	8,045	8,100	8,155	8,211	8,267	8,323	8,380	8,437	8,494	8,551
9	8,609	8,668	8,727	8,786	8,845	8,905	8,965	9,025	9,086	9,147
10	9,209	9,271	9,333	9,395	9,458	9,521	9,585	9,649	9,714	9,779
11	9,844	9,910	9,976	10,042	10,109	10,176	10,244	10,312	10,380	10,449
12	10,518	10,588	10,658	10,728	10,799	10,870	10,941	11,013	11,085	11,158
13	11,231	11,305	11,379	11,453	11,528	11,604	11,680	11,756	11,833	11,910
14	11,987	12,065	12,144	12,223	12,302	12,382	12,462	12,543	12,624	12,706
15	12,788	12,870	12,953	13,037	13,121	13,205	13,290	13,375	13,461	13,547
16	13,634	13,721	13,809	13,898	13,987	14,076	14,166	14,256	14,347	14,438
17	14,530	14,622	14,715	14,809	14,903	14,997	15,092	15,188	15,284	15,380
18	15,477	15,575	15,673	15,772	15,871	15,971	16,071	16,171	16,272	16,374
19	16,477	16,581	16,685	16,789	16,894	16,999	17,105	17,212	17,319	17,427
20	17,535	17,644	17,753	17,863	17,974	18,085	18,197	18,309	18,422	18,536
21	18,650	18,765	18,880	18,996	19,113	19,231	19,349	19,468	19,587	19,707
22	19,827	19,948	20,070	20,193	20,316	20,440	20,565	20,690	20,815	20,941
23	21,068	21,196	21,324	21,453	21,583	21,714	21,845	21,977	22,110	22,243
24	22,377	22,512	22,648	22,785	22,922	23,060	23,198	23,337	23,476	23,616
25	23,756	23,897	24,039	24,182	24,326	24,471	24,617	24,764	24,912	25,060
26	25,209	25,359	25,509	25,660	25,812	25,964	26,117	26,271	26,426	26.582
27	26.739	26,897	27,055	27,214	27,374	27,535	27,696	27,858	28,021	28,185
28	28,349	28,514	28,680	28,847	29,015	29,184	29,354	29,525	29,697	29,870
29	30,043	30,217	30,392	30,568	30,745	30,923	31,102	31,281	31,461	31,642
30	31,824	32,007	32,191	32,376	32,561	32,747	32,934	33,122	33,312	33,503
31	33,695	33,888	34,082	34,276	34,471	34,667	34,864	35,062	35,261	35,462
32	35,663	35,865	36,068	36,272	36,477	36,683	36,891	37,099	37,308	37,518
33	37,729	37,942	38,155	38,369	38,584	38,801	39,018	39,237	39,457	39,677
34	39,898	40,121	40,344	40,569	40,796	41,023	41,251	41,480	41,710	41,942
35	42,175	42,409	42,644	42,880	43,117	43,355	43,595	43,836	44,078	44,320
36	44,563	44,808	45,054	45,301	45,549	45,799	46,050	46,302	46,556	46,811
37	47,067	47,324	47,582	47,841	48,102	48,364	48,627	48,891	49,157	49,424
38	49,692	49,961	50,231	50,502	50,774	51,048	51,323	51,600	51,879	52,160
39	52,442	52,725	53,009	53,294	53,580	53,867	54,156	54,446	54,737	55,030
40	55,324	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03
41	58,34	58,65	58,96	59,27	59,58	59,90	60,22	60,54	60,86	61,18
42	61,50	61,82	62,14	62,47	62,80	63,13	63,46	63,79	64,12	64,46
43	64,80	65,14	65,48	65,82	66,16	66,51	66,86	67,21	67,56	67,91
44	68,26	68,61	68,97	69,33	69,69	70,05	70,41	70,77	71,14	71,51
45	71,88	72,25	72,62	72,99	73,36	73,74	74,12	74,50	74,88	75,26
46	75,65	76,04	76,43	76,82	77,21	77,60	78,00	78,40	78,80	79,20
47	79,60	80,00	80,41	80,82	81,23	81,64	82,05	82,46	82,87	83.29
48	83,71	84,13	84,56	84,99	85,42	85,85	86,28	86,71	87,14	87,58
49	88,02	88,46	88,90	89,34	89,79	90,24	90,69	91,14	91,59	92,05

Tabelle 42.

Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Quecksilber.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50°	92,51	97,20	102,09	107,20	112,51	118,04	123,80	129,82	136,08	142,60
60	149,38	156,43	163,77	171,38	179,31	187,54	196,09	204,96	214,17	223,73
70	233,7	243,9	254,6	265,7	277,2	289,1	301,4	314,1	327,3	341,0
80	355,1	369,7	384,9	400,6	416,8	433,6	450,9	468,7	487,1	506,1

t	,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
90°	525,76	527,76	529,77	531,78	533,80	535,82	537,86	539,90	541,95	544,00
91	546,05	548,11	550,18	552,26	554,35	556,44	558,53	560,64	562,75	564,87
92	566,99	569,12	571,26	573,40	575,55	577,71	579,87	582,04	584,22	586,41
93	588,60	590,80	593,00	595,21	597,43	599,66	601,89	604,13	606,38	608,64
94	610,90	613,17	615,44	617,72	620,01	622,31	624,61	626,92	629,24	631,57
95	633,90	636,24	638,59	640,94	643,30	645,67	648,05	650,43	652,82	655,22
96	657,62	660,03	662,45	664,88	667,31	669,75	672,20	674,66	677,12	679,59
97	682,07	684,55	687,04	689,54	692,05	694,57	697,10	699,63	702,17	704,71
98	707,27	709,83	712,40	714,98	717,56	720,15	722,75	725,36	727,98	730,61
99	733,24	735,88	738,53	741,18	743,85	746,52	749,20	751,89	754,58	757,29
100	760,00	762,72	765,45	768,19	770,93	773,68	776,44	779,22	782,00	784,78
101	787,57	790,37	793,18	796,00	798,82	801,66	804,50	807,35	810,21	813,08

Tabelle 43.

Sättigungsdruck des Wasserdampfes in mm Quecksilber.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100°	760,0	787,6	815,9	845,1	875,1	906,1	937,9	970,6	1 004,4	1 038,9
110	1 074,6	1 111,2	1 148,8	1 187,5	1 227,3	1 268,1	1 310,0	1 353,0	1 397,3	1 442,7
120	1 489,2	1 536,9	1 586,1	1 636,4	1 687,9	1 741,0	1 795,2	1 850,9	1 907,9	1 966,4
130	2 026,3	2 087,6	2 150,6	2 214,8	2 280,9	2 347,4	2 416,5	2 488,3	2 560,8	2 635,0
140	2 710,7	2 788,4	2 867,7	2 949,1	3 032,0	3 116,9	3 203,7	3 292,5	3 383,1	3 475,9
150	3 570,7	3 667,4	3 766,3	3 867,1	3 970	4 076	4 184	4 293	4 405	4 520
160	4 636	4 755	4 877	5 001	5 128	5 257	5 388	5 522	5 659	5 799
170	5 942	6 086	6 234	6 384	6 539	6 695	6 854	7 016	7 181	7 350
180	7 521	7 695	7 873	8 054	8 238	8 425	8 617	8 811	9 008	9 209
190	9 414	9 622	9 833	10 049	10 267	10 490	10 717	10 946	11 181	11 419
200	11 661	11 907	12 157	12 410	12 668	12 931	13 199	13 470	13 745	14 025
210	14 308	14 597	14 891	15 187	15 490	15 795	16 107	16 423	16 744	17 070
220	17 399	17 735	18 076	18 421	18 770	19 126	19 486	19 852	20 223	20 600
230	20 982	21 369	21 761	22 158	22 562	22 972	23 387	23 807	24 234	24 666
240	25 105	25 548	25 999	26 454	26 917	27 387	27 861	28 341	28 829	29 322
250	29 823	30 329	30 843	31 363	31 891	32 424	32 964	33 512	34 066	34 626
260	35 195	35 769	36 351	36 940	37 537	38 141	38 751	39 370	39 995	40 629
270	41 270	41 919	42 575	43 239	43 911	44 591	45 279	45 975	46 680	47 393
280	48 115	48 845	49 582	50 329	51 085	51 850	52 624	53 408	54 200	55 002
290	55 812	56 630	57 460	58 302	59 151	60 007	60 877	61 756	62 642	63 542
300	64 450	65 370	66 290	67 230	68 170	69 130	70 090	71 070	72 060	73 050
310	74 050	75 080	76 100	77 140	78 190	79 250	80 320	81 400	82 490	83 600
320	84 710	85 840	86 990	88 140	89 300	90 470	91 660	92 860	94 080	95 310
330	96 540	97 790	99 050	100 330	101 610	102 910	104 230	105 560	106 900	108 250
340	109 620	111 000	112 390	113 790	115 220	116 650	118 110	119 570	121 050	122 540
350	124 040	125 560	127 090	128 640	130 200	131 780	133 370	134 990	136 620	138 280
360	139 940	141 620	143 320	145 050	146 790	148 570	150 370	152 180	154 020	155 870
370	157 750	159 660	161 570	163 530	165 530	—	—	—	—	—

Tabelle 44. Sättigungsdruck des Wasserdampfes in Atmosphären.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0,006 025	0,006 482	0,006 966	0,007 480	0,008 028	0,008 609	0,009 228	0,009 886	0,010 586	0,011 328
10	0,012 117	0,012 953	0,013 839	0,014 778	0,015 772	0,016 826	0,017 939	0,019 118	0,020 364	0,021 680
20	0,023 072	0,024 539	0,026 088	0,027 721	0,029 443	0,031 258	0,033 170	0,035 183	0,037 301	0,039 530
30	0,041 874	0,044 336	0,046 925	0,049 643	0,052 497	0,055 493	0,058 636	0,061 930	0,065 384	0,069 003
40	0,072 795	0,076 76	0,080 92	0,085 26	0,089 82	0,094 58	0,099 54	0,104 74	0,110 14	0,115 82
50	0,121 72	0,127 89	0,134 33	0,141 05	0,148 04	0,155 32	0,162 89	0,170 82	0,179 05	0,187 63
60	0,196 55	0,205 83	0,215 49	0,225 50	0,235 93	0,246 76	0,258 01	0,269 68	0,281 80	0,294 38
70	0,307 47	0,320 9	0,335 0	0,349 6	0,364 7	0,380 4	0,396 6	0,413 3	0,430 7	0,448 7
80	0,467 3	0,486 4	0,506 4	0,527 1	0,548 4	0,570 5	0,593 3	0,616 7	0,640 9	0,665 9
90	0,691 8	0,718 5	0,746 2	0,774 6	0,803 9	0,834 2	0,865 4	0,897 5	0,930 7	0,964 9
100	1,000 0	1,036 2	1,073 5	1,112 0	1,151 4	1,192 2	1,234 1	1,277 1	1,321 6	1,367 0
110	1,413 9	1,462 1	1,511 6	1,562 5	1,614 9	1,668 5	1,723 7	1,780 3	1,838 5	1,898 3
120	1,959 5	2,022 2	2,087 0	2,153 2	2,220 9	2,290 8	2,362 1	2,435 4	2,510 4	2,587 4
130	2,666 2	2,746 8	2,829 7	2,914 2	3,001 2	3,088 7	3,179 6	3,274 1	3,369 5	3,467 1
140	3,567	3,669	3,773	3,880	3,989	4,101	4,215	4,332	4,451	4,574
150	4,698	4,825	4,956	5,088	5,224	5,363	5,505	5,649	5,796	5,947
160	6,100	6,257	6,417	6,580	6,747	6,917	7,089	7,266	7,446	7,630
170	7,818	8,008	8,203	8,400	8,604	8,809	9,018	9,232	9,449	9,671
180	9,896	10,125	10,359	10,597	10,839	11,085	11,338	11,593	11,853	12,117
190	12,387	12,660	12,938	13,222	13,509	13,803	14,101	14,403	14,712	15,025
200	15,343	15,667	15,996	16,329	16,668	17,014	17,367	17,724	18,085	18,454
210	18,826	19,207	19,593	19,983	20,382	20,783	21,193	21,609	22,032	22,460
220	22,893	23,335	23,784	24,238	24,697	25,166	25,639	26,121	26,609	27,105
230	27,608	28,117	28,633	29,155	29,687	30,226	30,772	31,325	31,887	32,455
240	33,033	33,616	34,209	34,808	35,417	36,035	36,659	37,291	37,933	38,582
250	39,241	39,907	40,583	41,267	41,962	42,663	43,374	44,095	44,824	45,560
260	46,309	47,064	47,830	48,605	49,391	50,185	50,988	51,803	52,625	53,459
270	54,303	55,157	56,020	56,893	57,778	58,672	59,578	60,493	61,421	62,359
280	63,309	64,270	65,239	66,222	67,217	68,224	69,242	70,274	71,316	72,371
290	73,44	74,51	75,61	76,71	77,83	78,96	80,10	81,26	82,42	83,61
300	84,80	86,01	87,23	88,46	89,70	90,96	92,22	93,51	94,82	96,12
310	97,43	98,77	100,13	101,50	102,88	104,28	105,68	107,10	108,54	109,99
320	111,46	112,95	114,45	115,97	117,50	119,04	120,60	122,18	123,78	125,40
330	127,03	128,67	130,33	132,01	133,70	135,41	137,14	138,89	140,66	142,44
340	144,24	146,05	147,88	149,72	151,60	153,49	155,41	157,33	159,28	161,24
350	163,21	165,21	167,22	169,26	171,32	173,39	175,49	177,62	179,77	181,94
360	184,13	186,34	188,58	190,84	193,14	195,49	197,86	200,24	202,65	205,09
370	207,56	210,06	212,59	215,17	217,80	—	—	—	—	—

Tabelle 45. **Sättigungsdruck des Wasserdampfes in kg/cm².**

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0,006 226	0,006 697	0,007 198	0,007 729	0,008 295	0,008 896	0,009 535	0,010 215	0,010 938	0,011 705
10	0,012 520	0,013 384	0,014 301	0,015 269	0,016 297	0,017 386	0,018 537	0,019 755	0,021 042	0,022 402
20	0,023 840	0,025 356	0,026 956	0,028 644	0,030 423	0,032 298	0,034 274	0,036 354	0,038 543	0,040 846
30	0,043 267	0,045 811	0,048 487	0,051 296	0,054 245	0,057 340	0,060 587	0,063 991	0,067 560	0,071 299
40	0,075 218	0,079 32	0,083 61	0,088 10	0,092 80	0,097 73	0,102 85	0,108 22	0,113 81	0,119 67
50	0,125 77	0,132 15	0,138 80	0,145 75	0,152 97	0,160 48	0,168 32	0,176 50	0,185 01	0,193 88
60	0,203 09	0,212 68	0,222 66	0,233 00	0,243 79	0,254 98	0,266 60	0,278 66	0,291 18	0,304 18
70	0,317 71	0,331 6	0,346 1	0,361 24	0,376 88	0,393 06	0,409 78	0,427 04	0,444 99	0,463 62
80	0,482 8	0,502 6	0,523 3	0,544 6	0,566 7	0,589 5	0,613 0	0,637 2	0,662 2	0,688 1
90	0,714 8	0,742 5	0,771 0	0,800 4	0,830 7	0,862 0	0,894 2	0,927 4	0,961 6	0,997 0
100	1,033 3	1,070 7	1,109 3	1,149 0	1,189 8	1,231 9	1,275 1	1,319 6	1,365 6	1,412 5
110	1,461 0	1,510 8	1,561 9	1,614 5	1,668 6	1,724 1	1,781 0	1,839 5	1,899 7	1,961 5
120	2,024 7	2,089 5	2,156 4	2,224 8	2,294 8	2,367 0	2,440 7	2,516 4	2,593 9	2,673 5
130	2,754 9	2,838 3	2,923 9	3,011 2	3,101 1	3,191 5	3,285 4	3,383 0	3,481 6	3,582 5
140	3,685	3,791	3,899	4,010	4,122	4,238	4,356	4,476	4,600	4,726
150	4,855	4,986	5,121	5,258	5,397	5,542	5,688	5,837	5,989	6,145
160	6,303	6,465	6,631	6,799	6,972	7,147	7,325	7,508	7,694	7,884
170	8,079	8,274	8,476	8,680	8,890	9,102	9,319	9,539	9,763	9,993
180	10,225	10,462	10,704	10,950	11,200	11,454	11,715	11,979	12,247	12,520
190	12,799	13,082	13,369	13,662	13,959	14,262	14,571	14,882	15,201	15,525
200	15,854	16,188	16,528	16,872	17,223	17,581	17,945	18,314	18,687	19,068
210	19,453	19,846	20,245	20,648	21,060	21,475	21,899	22,328	22,765	23,208
220	23,655	24,112	24,576	25,045	25,519	26,003	26,493	26,990	27,495	28,007
230	28,527	29,053	29,586	30,126	30,675	31,232	31,797	32,368	32,948	33,535
240	34,132	34,735	35,348	35,966	36,596	37,235	37,879	38,532	39,195	39,866
250	40,547	41,235	41,934	42,641	43,358	44,083	44,817	45,562	46,315	47,077
260	47,850	48,631	49,422	50,223	51,035	51,856	52,685	53,527	54,376	55,238
270	56,110	56,992	57,884	58,787	59,701	60,625	61,560	62,507	63,465	64,435
280	65,42	66,41	67,41	68,43	69,45	70,49	71,55	72,61	73,69	74,78
290	75,88	76,99	78,12	79,27	80,42	81,58	82,77	83,96	85,17	86,39
300	87,63	88,88	90,13	91,41	92,68	93,99	95,29	96,63	97,97	99,32
310	100,68	102,08	103,46	104,88	106,31	107,75	109,20	110,67	112,15	113,66
320	115,17	116,71	118,26	119,83	121,41	123,00	124,62	126,25	127,91	129,58
330	131,25	132,95	134,67	136,41	138,15	139,92	141,71	143,52	145,34	147,18
340	149,04	150,91	152,80	154,71	156,65	158,59	160,58	162,56	164,58	166,60
350	168,64	170,71	172,79	174,90	177,02	179,17	181,33	183,53	185,75	188,00
360	190,26	192,55	194,86	197,21	199,57	201,99	204,44	206,90	209,40	211,92
370	214,47	217,07	219,67	222,33	225,05	—	—	—	—	—

Tabelle 46.

Verdampfungswärme des Wassers.

t	Wattsek.	cal_{15}	t	Wattsek.	cal_{15}	t	Wattsek.	cal_{15}	t	Wattsek.	cal_{15}
0°	2489	594,9	50°	2381	569,0	100°	2256	539,1	150°	2110	504,2
5	2479	592,4	55	2369	566,2	105	2242	535,9	155	2095	500,6
10	2469	590,0	60	2357	563,4	110	2229	532,6	160	2080	497,0
15	2458	587,5	65	2345	560,5	115	2215	529,2	165	2065	493,4
20	2448	585.0	70	2333	557,6	120	2200	525,8	170	2050	489,8
25	2437	582,4	75	2321	554,6	125	2185	522,3	175	2035	486,2
30	2426	579,8	80	2308	551,6	130	2170	518,7	180	2020	482,7
35	2416	577,2	85	2295	548,6	135	2155	515,1			
40	2404	574,5	90	2282	545,5	140	2140	511,4			
45	2393	571,8	95	2269	542,3	145	2125	507,8			

Tabelle 47.

Temperaturkoeffizient $\frac{dp}{dt}$ des Sättigungsdruckes von Wasserdampf in mm Hg/Grad.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	0,3335	0,3557	0,3792	0,4038	0,4298	0,4572	0,4860	0,5164	0,5486	0,5822
10	0,6178	0,6552	0,6943	0,7356	0,7787	0,8242	0,8719	0,9217	0,9741	1,029
20	1,086	1,147	1,210	1,275	1,344	1,416	1,491	1,570	1,652	1,737
30	1,826	1,919	2,016	2,117	2,222	2,331	2,445	2,563	2,686	2,814
40	2,947	3,085	3,229	3,378	3,533	3,693	3,859	4,031	4,210	4,395
50	4,587	4,786	4,992	5,205	5,425	5,652	5,887	6,130	6,381	6,640
60	6,908	7,185	7,472	7,768	8,073	8,387	8,710	9,042	9,384	9,736
70	10,10	10,47	10,86	11,26	11,67	12,09	12,52	12,97	13,42	13,90
80	14,38	14,87	15,38	15,91	16,45	17,00	17,57	18,14	18,74	19,35
90	19,97	20,61	21,27	21,95	22,64	23,34	24,07	24,80	25,57	26,35
100	27,14	27,94	28,77	29,62	30,49	31,38	32,28	33,21	34,16	35,13
110	36,12	37,12	38,15	39,20	40,29	41,38	42,49	43,63	44,79	45,99
120	47,19	48,41	49,68	50,95	52,26	53,59	54,95	56,33	57,74	59,16
130	60,62	62,11	63,62	65,15	66,71	68,29	69,90	71,57	73,25	74,95
140	76,68	78,44	80,23	82,05	83,90	85,77	87,68	89,63	91,59	93,59
150	95,63	97,69	99,79	101,9	104,1	106,3	108,5	110,8	113,1	115,4
160	117,7	120,1	122,6	125,0	127,5	130,0	132,5	135,1	137,8	140,4
170	143,1	145,9	148,6	151,5	154,3	157,2	160,2	163,1	166,1	169,1
180	172,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 48.

Spezifisches Volumen (cm^3/g) des gesättigten Wasserdampfes.

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0°	205 000	191 400	178 700	167 100	156 300	146 300	137 000	128 300	120 300	112 800
10	105 900	99 400	93 390	87 770	82 550	77 660	73 090	68 850	64 870	61 150
20	57 660	54 400	51 350	48 500	45 820	43 310	40 950	38 740	36 660	34 710
30	32 880	31 160	29 540	28 010	26 570	25 230	23 950	22 750	21 620	20 550
40	19 540	18 590	17 690	16 840	16 040	15 280	14 560	13 880	13 240	12 630
50	12 050	11 500	10 980	10 490	10 030	9 585	9 165	8 766	8 388	8 028
60	7 686	7 360	7 049	6 753	6 472	6 205	5 951	5 710	5 480	5 261
70	5 050	4 850	4 659	4 477	4 303	4 136	3 978	3 826	3 681	3 542
80	3 410	3 284	3 163	3 046	2 935	2 828	2 727	2 629	2 536	2 447
90	2 361	2 279	2 200	2 124	2 051	1 981	1 914	1 850	1 788	1 728
100	1 671	1 617	1 564	1 513	1 465	1 418	1 373	1 329	1 287	1 247
110	1 209	1 172	1 136	1 101	1 068	1 036	1 005	974,4	945,5	917,5
120	890,7	864,9	839,7	815,5	792,0	769,4	747,5	726,5	706,1	686,4
130	667,3	648,8	631,0	613,8	597,1	581,1	565,5	550,3	535,6	521,4
140	507,7	494,4	481,6	469,1	457,1	445,4	434,0	423,0	412,4	402,1
150	392,1	382,4	372,9	363,8	355,0	346,4	338,0	329,9	321,9	314,3
160	306,8	299,6	292,6	285,9	279,3	272,8	266,6	260,6	254,7	248,9
170	243,3	237,9	232,6	227,5	222,4	217,5	212,8	208,2	203,7	199,3
180	195,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle 49.

Wärmeleitfähigkeit λ und elektrische Leitfähigkeit $\varkappa$.

Metall	Chemische Beschaffenheit	$\frac{\lambda}{\varkappa}$			λ (Watt . cm^{-1} . Grad^{-1})			$\varkappa$ (Ω^{-1} . cm^{-1})		
		18°	100°	Temp.-Koeff.	18°	100°	Temp.-Koeff.	18°	100°	Temp.-Koeff.
		$10^{-8}\times$	$10^{-8}\times$	‰			‰	$10^{4}\times$	$10^{4}\times$	‰
Ag . . .	rein	686	885	3,8	4,21	4,15	− 0,2	61,4	46,9	4,00
Al I . .	0,5 Fe; 0,4 Cu	636	848	4,4	2,01	2,06	+ 0,3	31,6	24,3	3,90
Au I . .	0,1 Fe; 0,1 Cu	727	929	3,6	1,79	1,97	+ 1,2	24,7	21,2	2,03
Au II . .	rein	709	914	3,7	2,93	2,94	0,0	41,3	32,1	3,68
Bi[1]) . .	rein	964	1080	1,5	0,08	0,07	− 2,0	0,8	0,6	4,54
Cd[1]) . .	rein	706	909	3,7	0,93	0,90	− 0,4	13,1	9,9	4,25
Cu II[1]) .	rein	665	865	3,9	3,68	3,60	− 0,3	55,3	41,7	4,28
Cu III .	rein	671	874	3,9	3,84	3,80	− 0,1	57,2	43,5	4,12
Cu IV .	rein	675	868	3,7	3,92	—	—	58,1	—	4,26
Fe I . .	0,1 C	802	1065	4,3	0,67	0,63	− 0,6	8,4	5,9	5,39
Fe II . .	0,1 C; 0,2 Si; 0,1 Mn	838	1118	4,4	0,60	0,59	− 0,1	7,2	5,3	4,61
Fe III .	—	820	1061	3,8	0,62	0,59	− 0,7	7,6	5,5	4,99
Stahl . .	1,0 C	903	1152	3,6	0,45	0,45	− 0,1	5,0	3,9	3,69
Ir[1]) . .	—	726	930	3,6	1,37	1,34	− 0,3	18,9	14,4	4,11
Ni . . .	1,4 Co; 0,4 Fe; 1,0 Mn; 0,1 Cu; 0,1 Si	699	910	3,9	0,59	0,58	− 0,3	8,5	6,4	4,38
Pb I[1]) .	rein	715	938	4,1	0,35	0,34	− 0,2	4,8	3,6	4,28
Pd[1]) . .	rein	754	1021	4,7	0,70	0,74	+ 0,7	9,3	7,3	3,68
Pt[1]) . .	rein	753	1017	4,6	0,70	0,73	+ 0,5	9,2	7,1	3,84
Rh[1]) . .	—	750	950	3,6	1,25	1,20	− 0,5	16,6	12,6	4,21
Sn[1]) . .	Pb < 0,03	(735)	(929)	(3,4)	(0,61)	(0,57)	(− 0,8)	(8,3)	(6,1)	4,65
Zn[1]) . .	0,01 Pb; 0,01 Cd; 0,01 Fe	672	871	3,8	1,11	1,10	− 0,1	16,5	12,6	4,02
Rotguß[1])	85,7 Cu; 7,15 Zn; 6,4 Sn; 0,6 Ni	757	959	3,5	0,60	0,71	+ 2,4	7,9	7,4	0,80
Konstantan	60 Cu; 40 Ni	1106	1314	2,4	0,23	0,27	+ 2,4	2,0	2,0	0
Manganin	84 Cu; 4 Ni; 12 Mn	914	1110	2,7	0,22	0,26	+ 2,7	2,4	2,4	0

[1]) Gegossene Stäbe.